

03. 2. 2005

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

REC'D 24 FEB 2005

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 4 年 2 月 4 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 4 - 0 2 8 0 9 1
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 4 - 0 2 8 0 9 1]

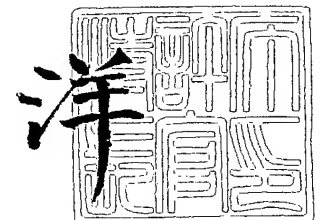
出 願 人 株式会社ニコン
Applicant(s):

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2 0 0 4 年 1 0 月 2 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 9 7 6 6 1

【書類名】 特許願
【整理番号】 J16020A1
【提出日】 平成16年 2月 4日
【あて先】 特許庁長官 殿
【国際特許分類】 H01L 21/027
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社ニコン内
 【氏名】 山口 敦史
【特許出願人】
 【識別番号】 000004112
 【氏名又は名称】 株式会社ニコン
【代理人】
 【識別番号】 100064908
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 志賀 正武
【選任した代理人】
 【識別番号】 100108578
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 高橋 詔男
【選任した代理人】
 【識別番号】 100101465
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 青山 正和
【選任した代理人】
 【識別番号】 100107836
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 西 和哉
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 008707
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9800076

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記基板を保持可能な移動体と、

前記移動体に形成された反射面に測定光を照射するとともに、その反射光を受光して、前記移動体の位置情報を計測する干渉計システムと、

前記移動体上に液体が供給された状態での前記反射面の誤差情報を第 1 情報として記憶するメモリとを備えたことを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

前記メモリは、前記移動体上に液体が供給されていない状態での前記反射面の誤差情報を第 2 情報として記憶することを特徴とする請求項 1 記載の露光装置。

【請求項 3】

前記移動体上に液体が供給されている状態においては、前記干渉計システムで計測された位置情報と前記第 1 情報とに基づいて前記移動体の位置を制御し、前記移動体上に液体が供給されていない状態においては、前記干渉計システムで計測された位置情報と前記第 2 情報とに基づいて前記移動体の位置を制御する制御装置を備えたことを特徴とする請求項 2 記載の露光装置。

【請求項 4】

前記第 1 情報と前記第 2 情報とは、前記反射面の誤差を補償して前記移動体の移動を制御するための補正情報を含むことを特徴とする請求項 3 記載の露光装置。

【請求項 5】

前記制御装置は、前記基板を露光するときに、前記干渉計システムで計測された位置情報と前記第 1 情報とに基づいて前記移動体の位置を制御し、前記基板上の複数のマークを検出するときに、前記干渉計システムで計測された位置情報と前記第 2 情報とに基づいて前記移動体の位置を制御することを特徴とする請求項 3 又は 4 記載の露光装置。

【請求項 6】

前記反射面の誤差は、前記反射面の曲がりを含むことを特徴とする請求項 1～5 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 7】

前記反射面の誤差は、前記反射面の傾きを含むことを特徴とする請求項 1～6 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 8】

前記反射面はほぼ第 1 方向に沿って形成されており、

前記第 1 情報は、前記第 1 方向とほぼ直交する第 2 方向の複数の位置に対応する複数の情報を含むことを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 9】

前記移動体は、前記第 2 方向に延びる第 2 反射面を有し、

前記第 1 情報は、前記第 2 反射面の誤差情報を含むことを特徴とする請求項 8 記載の露光装置。

【請求項 10】

前記第 1 情報は、前記第 2 反射面の誤差情報として、前記第 1 方向の複数の位置に対応する複数の情報を含むことを特徴とする請求項 9 記載の露光装置。

【請求項 11】

前記移動体は、第 1 反射面と、該第 1 反射面とほぼ垂直な第 2 反射面とを有し、

前記第 1 情報は、前記第 1 反射面の誤差情報及び前記第 2 反射面の誤差情報として、前記移動体上における液体の位置に対応する複数の情報を有することを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 12】

前記移動体は、第 1 反射面と、該第 1 反射面とほぼ垂直な第 2 反射面とを有し、

前記第 1 情報は、前記第 1 反射面と前記第 2 反射面との直交度誤差情報を含むことを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか一項記載の露光装置。

【請求項 13】

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して、前記基板を露光する露光装置において、

前記基板を保持する移動体と、

前記移動体を移動するための駆動装置と、

前記移動体上に液体が供給されている状態で前記移動体を移動させるための第 1 制御情報と、前記移動体上に液体が供給されていない状態で前記移動体を移動させるための第 2 制御情報とを有し、前記駆動装置を制御する制御装置と、

を備えた露光装置。

【請求項 14】

前記第 1 制御情報は、前記移動体上に形成される液浸領域の前記移動体上での位置に対応する請求項 13 記載の露光装置。

【請求項 15】

前記移動体に形成された反射面に測定光を照射するとともに、その反射光を受光して、前記移動体の位置情報を計測する干渉計システムをさらに備え、

前記第 1 及び第 2 制御情報は、前記反射面の誤差に関する情報をそれぞれ含む請求項 13 または 14 記載の露光装置。

【請求項 16】

請求項 1 ～ 請求項 15 のいずれか一項記載の露光装置を用いることを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 17】

投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して前記基板を露光する露光装置において前記基板を保持する移動体に形成された反射面を使って該移動体の位置を制御する位置制御方法であって、

前記移動体上に液体が供給された状態で、前記反射面の誤差情報を計測し、前記誤差情報に基づいて、前記移動体の位置を制御することを特徴とする位置制御方法。

【請求項 18】

前記反射面の誤差は、前記反射面の曲がりを含むことを特徴とする請求項 17 記載の位置制御方法。

【請求項 19】

前記反射面の誤差は、前記反射面の傾きを含むことを特徴とする請求項 17 又は 18 記載の位置制御方法。

【請求項 20】

前記反射面の誤差情報は、前記移動体上に基板が保持された状態で計測されることを特徴とする請求項 17 ～ 19 のいずれか一項記載の位置制御方法。

【請求項 21】

前記反射面の誤差情報を計測するときに前記移動体上に保持される基板表面の前記液体に対する接触角は、前記露光光が照射される被露光対象の基板表面の前記液体に対する接触角とほぼ同一であることを特徴とする請求項 20 記載の位置制御方法。

【請求項 22】

前記移動体上における液浸領域の位置は、前記移動体の移動に伴って変化し、

前記反射面の誤差情報の計測は、前記移動体の位置を異ならせて複数回行われることを特徴とする請求項 19 ～ 21 のいずれか一項記載の位置制御方法。

【請求項 23】

前記反射面はほぼ第 1 方向に沿って前記移動体に形成されており、

前記反射面の誤差情報の計測は、前記第 1 方向とほぼ直交する第 2 方向の複数位置に前記移動体を移動させて行われることを特徴とする請求項 17 ～ 22 のいずれか一項記載の位置制御方法。

【請求項 2 4】

前記移動体の前記第 2 方向への移動中に、前記移動体の位置情報を計測するための干渉計システムより、前記第 1 方向とほぼ平行な複数の計測ビームを前記反射面に照射するとともに、該反射面からの反射光を受光し、該受光結果に基づいて前記反射面の誤差情報を計測することを特徴とする請求項 2 3 記載の位置制御方法。

【請求項 2 5】

前記移動体上に液体を供給しない状態で、前記反射面の誤差情報を計測することを特徴とする請求項 1 7 ~ 2 4 のいずれか一項記載の位置制御方法。

【請求項 2 6】

前記移動体上に液体を供給しない状態で前記反射面の誤差情報を計測した後に、前記移動体上に液体を供給して、前記移動体上に液体を供給した状態での前記反射面の誤差情報を計測することを特徴とする請求項 2 2 記載の位置制御方法。

【請求項 2 7】

請求項 1 7 ~ 2 6 のいずれか一項に記載の位置制御方法を用いるデバイス製造方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】露光装置、位置制御方法及びデバイス製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、投影光学系と液体とを介して基板上に露光光を照射して基板を露光する露光装置、位置制御方法及びデバイス製造方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスや液晶表示デバイスは、マスク上に形成されたパターンを感光性の基板上に転写する、所謂フォトリソグラフィの手法により製造される。このフォトリソグラフィ工程で使用される露光装置は、マスクを支持するマスクステージと基板を支持する基板ステージとを有し、マスクステージ及び基板ステージを逐次移動しながらマスクのパターンを投影光学系を介して基板に転写するものである。近年、デバイスパターンのより一層の高集積化に対応するために投影光学系の更なる高解像度化が望まれている。投影光学系の解像度は、使用する露光波長が短いほど、また投影光学系の開口数が高いほど高くなる。そのため、露光装置で使用する露光波長は年々短波長化しており、投影光学系の開口数も増大している。そして、現在主流の露光波長はKrFエキシマレーザの248nmであるが、更に短波長のArFエキシマレーザの193nmも実用化されつつある。また、露光を行う際には、解像度と同様に焦点深度(DOF)も重要となる。解像度R、及び焦点深度 δ はそれぞれ以下の式で表される。

$$R = k_1 \cdot \lambda / NA \quad \dots (1)$$

$$\delta = \pm k_2 \cdot \lambda / NA^2 \quad \dots (2)$$

ここで、 λ は露光波長、NAは投影光学系の開口数、 k_1 、 k_2 はプロセス係数である。(1)式、(2)式より、解像度Rを高めるために、露光波長 λ を短くして、開口数NAを大きくすると、焦点深度 δ が狭くなることが分かる。

【0003】

焦点深度 δ が狭くなり過ぎると、投影光学系の像面に対して基板表面を合致させることが困難となり、露光動作時のフォーカスマージンが不足するおそれがある。そこで、実質的に露光波長を短くして、且つ焦点深度を広くする方法として、例えば下記特許文献1に開示されている液浸法が提案されている。この液浸法は、投影光学系の下面と基板表面との間を水や有機溶媒等の液体で満たして液浸領域を形成し、液体中での露光光の波長が空気中の $1/n$ (n は液体の屈折率で通常1.2~1.6程度)になることを利用して解像度を向上するとともに、焦点深度を約 n 倍に拡大するというものである。

【特許文献1】国際公開第99/49504号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、液浸露光装置においては、基板や基板ステージ上に形成された液浸領域の液体の圧力や重みによって、基板や基板ステージが僅かながら変形する可能性があり、その変形により露光精度や計測精度が劣化する可能性がある。例えば、基板ステージの位置計測を行うときに、基板ステージ上に設けられた移動鏡の反射面に測定光を照射することによって位置計測する干渉計システムを用いる場合、基板ステージの変形に伴って移動鏡の反射面が変形し、計測精度や露光精度が劣化する。

【0005】

本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、被露光基板を保持可能な移動体の位置を高精度に制御することができる露光装置、位置制御方法及びデバイス製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記の課題を解決するため、本発明は実施の形態に示す図1~図14に対応付けした以

下の構成を採用している。

本発明の露光装置 (EX) は、投影光学系 (PL) と液体 (LQ) とを介して基板 (P) 上に露光光 (EL) を照射して、基板 (P) を露光する露光装置において、基板 (P) を保持可能な移動体 (PST) と、移動体 (PST) に形成された反射面 (MX、MY) に測定光 (BX、BY、BX θ 1、BX θ 2、BY θ 1、BY θ 2) を照射するとともに、その反射光を受光して、移動体 (PST) の位置情報を計測する干渉計システム (43) と、移動体 (PST) 上に液体 (LQ) が供給された状態での反射面 (MX、MY) の誤差情報を第1情報として記憶するメモリ (MRY) とを備えたことを特徴とする。

【0007】

本発明によれば、移動体上に液体が供給された状態での反射面の誤差情報を記憶しておくことにより、干渉計システムを使って液体を供給された移動体の位置情報を計測するとき、誤差情報に基づいて、計測された移動体の位置情報を補正するなど適切な処置を施すことができる。したがって、干渉計システムの計測結果に基づいて移動体を精度良く位置制御し、計測処理、露光処理を良好に行うことができる。

【0008】

ここで、反射面の誤差情報とは、反射面の曲がり及び反射面の傾きだけでなく、局部的な曲がり、傾き、凹凸を含む。更には、移動体が第1反射面とその第1反射面にほぼ垂直な第2反射面とを有している構成の場合、上記誤差情報は、第1反射面と第2反射面との直交度誤差情報を含む。ここで、直交度誤差とは、第1反射面と第2反射面とのなす角度 θ が 90° に対してどの程度ずれているかを示す誤差量である。

【0009】

また本発明の露光装置 (EX) は、投影光学系 (PL) と液体 (LQ) とを介して基板 (P) 上に露光光 (EL) を照射して、基板 (P) を露光する露光装置において、基板 (P) を保持する移動体 (PST) と、移動体 (PST) を移動するための駆動装置 (PSTD) と、移動体 (PST) 上に液体 (LQ) が供給されている状態で移動体 (PST) を移動させるための第1制御情報と、移動体 (PST) 上に液体 (LQ) が供給されていない状態で移動体 (PST) を移動させるための第2制御情報とを有し、駆動装置 (PSTD) を制御する制御装置 (CONT) とを備えたことを特徴としている。

【0010】

本発明によれば、移動体上に液体が供給されている状態でも、液体が供給されていない状態でも、移動体の位置を高精度に制御することができる。

【0011】

本発明の位置制御方法は、投影光学系 (PL) と液体 (LQ) とを介して基板 (P) 上に露光光 (EL) を照射して基板 (P) を露光する露光装置 (EX) において基板 (P) を保持する移動体 (PST) に形成された反射面 (MX、MY) を使って該移動体 (PST) の位置を制御する位置制御方法であって、移動体 (PST) 上に液体 (LQ) が供給された状態で、反射面 (MX、MY) の誤差情報を計測し、誤差情報に基づいて、移動体 (PST) の位置を制御することを特徴とする。

【0012】

本発明によれば、移動体上に液体が供給された状態での反射面の誤差情報を計測しておくことにより、干渉計システムを使って液体を供給された移動体の位置情報を計測するとき、前記誤差情報に基づいて、計測された移動体の位置情報を補正するなど適切な処置を施すことができる。したがって、干渉計システムの計測結果に基づいて移動体を精度良く位置制御し、計測処理、露光処理を良好に行うことができる。

【0013】

本発明のデバイス製造方法は、上記記載の露光装置を用いることを特徴とする。本発明によれば、液浸法に基づいて露光するときの基板を保持可能な移動体の位置制御を良好に行って、露光精度及び計測精度の劣化を防止できるので、所望の性能を有するデバイスを製造することができる。

【発明の効果】

【0014】

本発明によれば、液浸露光装置において基板を保持可能な移動体の位置制御及び露光処理を精度良く行うことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0015】

以下、本発明の露光装置について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

図1において、露光装置EXは、マスクMを支持して移動可能なマスクステージMSTと、基板Pを保持する基板ホルダPHを有し、基板ホルダPHに基板Pを保持して移動可能な基板ステージPSTと、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明する照明光学系ILと、露光光ELで照明されたマスクMのパターンの像を基板ステージPSTに支持されている基板Pに投影露光する投影光学系PLと、露光装置EX全体の動作を統括制御する制御装置CONTと、制御装置CONTに接続され、露光動作に関する各種情報を記憶するメモリMRとを備えている。

【0016】

本実施形態の露光装置EXは、露光波長を実質的に短くして解像度を向上するとともに焦点深度を実質的に広くするために液浸法を適用した液浸露光装置であって、基板P上に液体LQを供給する液体供給機構10と、基板P上の液体LQを回収する液体回収機構20とを備えている。本実施形態において、液体LQには純水が用いられる。露光装置EXは、少なくともマスクMのパターン像を基板P上に転写している間、液体供給機構10から供給した液体LQにより投影光学系PLの投影領域AR1を含む基板P上の少なくとも一部に、投影領域AR1よりも大きく且つ基板Pよりも小さい液浸領域AR2を局所的に形成する。具体的には、露光装置EXは、投影光学系PLの像面側先端部の光学素子2と基板Pの表面（露光面）との間に液体LQを満たし、この投影光学系PLと基板Pとの間の液体LQ及び投影光学系PLを介してマスクMのパターン像を基板P上に投影することによって、基板Pを露光する。

【0017】

ここで、本実施形態では、露光装置EXとしてマスクMと基板Pとを走査方向（所定方向）における互いに異なる向き（逆方向）に同期移動しつつマスクMに形成されたパターンを基板Pに露光する走査型露光装置（所謂スキャニングステッパ）を使用する場合を例にして説明する。以下の説明において、水平面内においてマスクMと基板Pとの同期移動方向（走査方向、所定方向）をX軸方向、水平面内においてX軸方向と直交する方向をY軸方向（非走査方向）、X軸及びY軸方向に垂直で投影光学系PLの光軸AXと一致する方向をZ軸方向とする。また、X軸、Y軸、及びZ軸まわりの回転（傾斜）方向をそれぞれ、 θX 、 θY 、及び θZ 方向とする。なお、ここでいう「基板」は半導体ウエハ上にレジストを塗布したものを含み、「マスク」は基板上に縮小投影されるデバイスパターンを形成されたレチクルを含む。

【0018】

照明光学系ILは、マスクステージMSTに支持されているマスクMを露光光ELで照明するものであり、露光用光源、露光用光源から射出された光束の照度を均一化するオプティカルインテグレータ、オプティカルインテグレータからの露光光ELを集光するコンデンサレンズ、リレーレンズ系、露光光ELによるマスクM上の照明領域をスリット状に設定する可変視野絞り等を有している。マスクM上の所定の照明領域は照明光学系ILにより均一な照度分布の露光光ELで照明される。照明光学系ILから射出される露光光ELとしては、例えば水銀ランプから射出される紫外域の輝線（g線、h線、i線）及びKrFエキシマレーザ光（波長248nm）等の遠紫外光（DUV光）や、ArFエキシマレーザ光（波長193nm）及びF₂レーザ光（波長157nm）等の真空紫外光（VUV光）などが用いられる。本実施形態では、ArFエキシマレーザ光が用いられる。上述したように、本実施形態における液体LQは純水であって、露光光ELがArFエキシマレーザ光であっても透過可能である。また、純水は紫外域の輝線（g線、h線、i線）及

び KrF エキシマレーザ光（波長 248 nm）等の遠紫外光（DUV 光）も透過可能である。

【0019】

マスクステージ MST は、マスク M を保持して移動可能であって、投影光学系 PL の光軸 AX に垂直な平面内、すなわち XY 平面内で 2 次元移動可能及び θ Z 方向に微小回転可能である。マスクステージ MST はリニアモータ等のマスクステージ駆動装置 MST D により駆動される。マスクステージ駆動装置 MST D は制御装置 CONT により制御される。

【0020】

マスクステージ MST 上には移動鏡 40 が設けられている。また、移動鏡 40 に対向する位置にはレーザ干渉計 41 が設けられている。マスクステージ MST 上のマスク M の 2 次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計 41 によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置 CONT に出力される。制御装置 CONT はレーザ干渉計 41 の計測結果に基づいてマスクステージ駆動装置 MST D を駆動することでマスクステージ MST に支持されているマスク M の位置決めを行う。

【0021】

投影光学系 PL は、マスク M のパターンを所定の投影倍率 β で基板 P に投影露光するのであって、基板 P 側の先端部に設けられた光学素子（レンズ）2 を含む複数の光学素子で構成されており、これら光学素子は鏡筒 PK で支持されている。本実施形態において、投影光学系 PL は、投影倍率 β が例えば $1/4$ あるいは $1/5$ の縮小系である。なお、投影光学系 PL は等倍系及び拡大系のいずれでもよい。また、本実施形態の投影光学系 PL の先端部の光学素子 2 は鏡筒 PK に対して着脱（交換）可能に設けられている。また、先端部の光学素子 2 は鏡筒 PK より露出しており、液浸領域 AR 2 の液体 LQ は光学素子 2 に接触する。これにより、金属からなる鏡筒 PK の腐蝕等が防止されている。

【0022】

光学素子 2 は蛍石で形成されている。蛍石は純水との親和性が高いので、光学素子 2 の液体接触面 2A のほぼ全面に液体 LQ を密着させることができる。すなわち、本実施形態においては光学素子 2 の液体接触面 2A との親和性が高い液体（水）LQ を供給するようにしているので、光学素子 2 の液体接触面 2A と液体 LQ との密着性が高く、光学素子 2 は水との親和性が高い石英であってもよい。また光学素子 2 の液体接触面 2A に親水化（親液化）処理を施して、液体 LQ との親和性をより高めるようにしてもよい。

【0023】

基板ステージ PST は、基板 P を基板ホルダ PH を介して保持する Z ステージ 52 と、Z ステージ 52 を支持する XY ステージ 53 とを備えている。XY ステージ 53 はベース 54 上に支持されている。基板ステージ PST はリニアモータ等の基板ステージ駆動装置 PST D により駆動される。基板ステージ駆動装置 PST D は制御装置 CONT により制御される。Z ステージ 52 は基板ホルダ PH に保持されている基板 P を Z 軸方向、及び θ X、 θ Y 方向（傾斜方向）に移動可能である。XY ステージ 53 は基板ホルダ PH に保持されている基板 P を Z ステージ 52 を介して XY 方向（投影光学系 PL の像面と実質的に平行な方向）、及び θ Z 方向に移動可能である。なお、Z ステージと XY ステージとを一体的に設けてよいことは言うまでもない。

【0024】

基板ステージ PST 上には凹部 55 が設けられており、基板ホルダ PH は凹部 55 に配置されている。そして、基板ステージ PST のうち凹部 55 以外の上面 51 は、基板ホルダ PH に保持された基板 P の表面とほぼ同じ高さ（面一）になるような平坦面（平坦部）となっている。本実施形態では、上面 51 を有するプレート部材 50 が基板ステージ PST 上に対して交換可能に配置されている。基板 P の周囲に基板 P 表面とほぼ面一の上面 51 を設けたので、基板 P のエッジ領域 E を液浸露光するときにおいても、投影光学系 PL の像面側に液体 LQ を保持して液浸領域 AR 2 を良好に形成することができる。また、基板 P のエッジ部とその基板 P の周囲に設けられた平坦面（上面）51 を有するプレート部

材50との間には0.1~2mm程度の隙間があるが、基板Pの周縁近傍を露光する場合にも、液体LQの表面張力によりその隙間に液体LQが流れ込むことはほとんどない。

【0025】

基板ステージPST（Zステージ52）上には移動鏡42が設けられている。また、移動鏡42に対向する位置にはレーザ干渉計システム43を構成する干渉計が設けられている。基板ステージPST上の基板Pの2次元方向の位置、及び回転角はレーザ干渉計システム43によりリアルタイムで計測され、計測結果は制御装置CONTに出力される。制御装置CONTはレーザ干渉計システム43の計測結果に基づいて、レーザ干渉計システム43で規定される2次元座標系内で基板ステージ駆動装置PSTDを介してXYステージ53を駆動することで基板ステージPSTに支持されている基板PのX軸方向及びY軸方向における位置決めを行う。

【0026】

また、露光装置EXは、基板P表面の面位置情報を検出するフォーカス検出系30を有している。フォーカス検出系30は、投射部30Aと受光部30Bとを有し、投射部30Aから液体LQを介して基板P表面（露光面）に斜め方向から検出光Laを投射するとともに、その基板Pからの反射光を液体LQを介して受光部30Bで受光することによって、基板P表面の面位置情報を検出する。制御装置CONTは、フォーカス検出系30の動作を制御するとともに、受光部30Bの受光結果に基づいて、所定基準面（例えば像面）に対する基板P表面のZ軸方向における位置（フォーカス位置）を検出する。また、基板P表面における複数の各点での各フォーカス位置を求めることにより、フォーカス検出系30は基板Pの傾斜方向の姿勢を求めることもできる。なお、フォーカス検出系30の構成としては、例えば特開平8-37149号公報に開示されているものを用いることができる。

【0027】

制御装置CONTは基板ステージ駆動装置PSTDを介して基板ステージPSTのZステージ52を駆動することにより、Zステージ52に保持されている基板PのZ軸方向における位置（フォーカス位置）、及び θX 、 θY 方向における位置を制御する。すなわち、Zステージ52は、フォーカス検出系30の検出結果に基づく制御装置CONTからの指令に基づいて動作し、基板Pのフォーカス位置（Z位置）及び傾斜角を制御して基板Pの表面（露光面）を投影光学系PL及び液体LQを介して形成される像面に合わせ込む。

【0028】

投影光学系PLの先端近傍には、基板P上のアライメントマーク1あるいはZステージ52上に設けられた基準部材300上の基板側基準マークPFMを検出する基板アライメント系350が設けられている。なお本実施形態の基板アライメント系350では、例えば特開平4-65603号公報に開示されているような、基板ステージPSTを静止させてマーク上にハロゲンランプからの白色光等の照明光を照射して、得られたマークの画像を撮像素子により所定の撮像視野内で撮像し、画像処理によってマークの位置を計測するFIA（フィールド・イメージ・アライメント）方式が採用されている。

【0029】

また、マスクステージMSTの近傍には、マスクMと投影光学系PLとを介してZステージ52上に設けられた基準部材300上のマスク側基準マークMFMを検出するマスクアライメント系360が設けられている。なお本実施形態のマスクアライメント系360では、例えば特開平7-176468号公報に開示されているような、マークに対して光を照射し、CCDカメラ等で撮像したマークの画像データを画像処理してマーク位置を検出するVRA（ビジュアル・レチクル・アライメント）方式が採用されている。

【0030】

液体供給機構10は、所定の液体LQを投影光学系PLの像面側に供給するためのものであって、液体LQを送出可能な液体供給部11と、液体供給部11にその一端部を接続する供給管13（13A、13B）とを備えている。液体供給部11は、液体LQを収容するタンク、及び加圧ポンプ等を備えている。液体供給部11の液体供給動作は制御装置

CONTにより制御される。基板P上に液浸領域AR2を形成する際、液体供給機構10は液体LQを基板P上に供給する。

【0031】

供給管13A、13Bの途中には、供給管13A、13Bの流路を開閉するバルブ15がそれぞれ設けられている。バルブ15の開閉動作は制御装置CONTにより制御されるようになっている。なお、本実施形態におけるバルブ15は、例えば停電等により露光装置EX（制御装置CONT）の駆動源（電源）が停止した場合に供給管13A、13Bの流路を機械的に閉塞する所謂ノーマルクロズ方式となっている。

【0032】

液体回収機構20は、投影光学系PLの像面側の液体LQを回収するためのものであって、液体LQを回収可能な液体回収部21と、液体回収部21にその一端部を接続する回収管23（23A、23B）とを備えている。液体回収部21は例えば真空ポンプ等の真空系（吸引装置）、回収された液体LQと気体とを分離する気液分離器、及び回収した液体LQを収容するタンク等を備えている。なお真空系として、露光装置EXに真空ポンプを設けずに、露光装置EXが配置される工場の真空系を用いるようにしてもよい。液体回収部21の液体回収動作は制御装置CONTにより制御される。基板P上に液浸領域AR2を形成するために、液体回収機構20は液体供給機構10より供給された基板P上の液体LQを所定量回収する。

【0033】

投影光学系PLを構成する複数の光学素子のうち、液体LQに接する光学素子2の近傍には流路形成部材70が配置されている。流路形成部材70は、基板P（基板ステージPST）の上方において、光学素子2の側面を囲むように設けられた環状部材である。流路形成部材70と光学素子2との間には隙間が設けられており、流路形成部材70は光学素子2に対して振動的に分離されるように所定の支持機構で支持されている。

【0034】

なお、露光装置EXが設置される環境によっては、大気圧の変化により、液体回収機構20により液体の吸引力が増大して、投影光学系PLと基板P（基板ステージPST）との間の露光光ELの光路中に気体（空気）が混入してしまったり、あるいは吸引力が低下して液体LQが漏出・漏洩してしまうおそれがある。そこで、露光装置EXに大気圧をモニタするセンサを設置しておき、このセンサのモニタ結果に基づいて、例えば液体回収機構20の真空系の圧力（負圧）を調整して、液体回収機構20による液体の吸引力（回収力）を調整するようにしてもよい。特に、液体回収機構20の真空系の負圧を調整するために絶対圧調整型のレギュレータを用いる場合には、大気圧をモニタするセンサを用いるのは有効である。

【0035】

流路形成部材70は、基板P（基板ステージPST）の上方に設けられ、その基板P表面に対向するように配置された液体供給口12（12A、12B）を備えている。本実施形態において、流路形成部材70は2つの液体供給口12A、12Bを有している。液体供給口12A、12Bは流路形成部材70の下面70Aに設けられている。流路形成部材70の液体接触面である下面70Aは、光学素子2の下面2A同様、親液処理されて親液性を有している。

【0036】

また、流路形成部材70は、その内部に液体供給口12A、12Bに対応した供給流路を有している。また、液体供給口12A、12B及び供給流路に対応するように複数（2つ）の供給管13A、13Bが設けられている。そして、供給流路の一端部は供給管13A、13Bを介して液体供給部11にそれぞれ接続され、他端部は液体供給口12A、12Bにそれぞれ接続されている。

【0037】

また、2つの供給管13A、13Bのそれぞれの途中には、液体供給部11から送出され、液体供給口12A、12Bのそれぞれに対する単位時間あたりの液体供給量を制御す

るマスフローコントローラと呼ばれる流量制御器 16 (16 A、16 B) が設けられている。流量制御器 16 A、16 B による液体供給量の制御は制御装置 CONT の指令信号の下で行われる。

【0038】

更に、流路形成部材 70 は、基板 P (基板ステージ PST) の上方に設けられ、その基板 P 表面に対向するように配置された液体回収口 22 (22 A、22 B) を備えている。本実施形態において、流路形成部材 70 は 2 つの液体回収口 22 A、22 B を有している。液体回収口 22 A、22 B は流路形成部材 70 の下面 70 A に設けられている。

【0039】

また、流路形成部材 70 は、その内部に液体回収口 22 A、22 B に対応した回収流路を有している。また、液体回収口 22 A、22 B 及び回収流路に対応するように複数 (2 つ) の回収管 23 A、23 B が設けられている。そして、回収流路の一端部は回収管 23 A、23 B を介して液体回収部 21 にそれぞれ接続され、他端部は液体回収口 22 A、22 B にそれぞれ接続されている。

【0040】

液体供給機構 10 を構成する液体供給口 12 A、12 B は、投影光学系 PL の投影領域 AR1 を挟んだ X 軸方向両側のそれぞれの位置に設けられており、液体回収機構 20 を構成する液体回収口 22 A、22 B は、投影光学系 PL の投影領域 AR1 に対して液体供給機構 10 の液体供給口 12 A、12 B の外側に設けられている。なお、本実施形態における投影光学系 PL の投影領域 AR1 は、Y 軸方向を長手方向とし、X 軸方向を短手方向とした平面視矩形状に設定されている。

【0041】

液体供給部 11 及び流量制御器 16 の動作は制御装置 CONT により制御される。基板 P 上に液体 LQ を供給する際、制御装置 CONT は、液体供給部 11 より液体 LQ を送出し、供給管 13 A、13 B、及び供給流路を介して、基板 P の上方に設けられている液体供給口 12 A、12 B より基板 P 上に液体 LQ を供給する。このとき、液体供給口 12 A、12 B は投影光学系 PL の投影領域 AR1 を挟んだ両側のそれぞれに配置されており、その液体供給口 12 A、12 B を介して、投影領域 AR1 の両側から液体 LQ を供給可能である。また、液体供給口 12 A、12 B のそれぞれから基板 P 上に供給される液体 LQ の単位時間あたりの量は、供給管 13 A、13 B のそれぞれに設けられた流量制御器 16 A、16 B により個別に制御可能である。

【0042】

液体回収部 21 の液体回収動作は制御装置 CONT により制御される。制御装置 CONT は液体回収部 21 による単位時間あたりの液体回収量を制御可能である。基板 P の上方に設けられた液体回収口 22 A、22 B から回収された基板 P 上の液体 LQ は、流路形成部材 70 の回収流路、及び回収管 23 A、23 B を介して液体回収部 21 に回収される。

【0043】

なお、本実施形態において、供給管 13 A、13 B は 1 つの液体供給部 11 に接続されているが、供給管の数に対応した液体供給部 11 を複数 (ここでは 2 つ) 設け、供給管 13 A、13 B のそれぞれを前記複数の液体供給部 11 のそれぞれに接続するようにしてもよい。また、回収管 23 A、23 B は、1 つの液体回収部 21 に接続されているが、回収管の数に対応した液体回収部 21 を複数 (ここでは 2 つ) 設け、回収管 23 A、23 B のそれぞれを前記複数の液体回収部 21 のそれぞれに接続するようにしてもよい。また液体回収口は、投影光学系 PL の投影領域 AR1 と液体供給口 12 A、12 B とを取り囲むように設けてもよい。

【0044】

流路形成部材 70 の下面 (基板 P 側を向く面) 70 A はほぼ平坦面であり、光学素子 2 の下面 (液体接触面) 2 A も平坦面となっており、流路形成部材 70 の下面 70 A と光学素子 2 の下面 2 A とはほぼ面一となっている。これにより、広い範囲で液浸領域 AR2 を良好に形成することができる。

【0045】

図2は基板Pを保持して移動可能な移動体である基板ステージPSTを上方から見た平面図である。図2において、平面視矩形状の基板ステージPSTの互いに垂直な2つの縁部に移動鏡42（42X、42Y）が配置されている。

【0046】

基板ステージPSTの上面51は撥液化处理されて撥液性を有している。上面51の撥液化处理としては、例えばフッ素系樹脂材料あるいはアクリル系樹脂材料等の撥液性材料を塗布、あるいは前記撥液性材料からなる薄膜を貼付する。撥液性にするための撥液性材料としては液体LQに対して非溶解性の材料が用いられる。なお、基板ステージPST全体又は一部を例えばポリ四フッ化エチレン（テフロン（登録商標））等のフッ素系樹脂をはじめとする撥液性を有する材料で形成してもよい。また、プレート部材50を上記ポリ四フッ化エチレンなどからなる撥液性を有する材料によって形成してもよい。

【0047】

また、基板ステージPST上において、基板Pの外側の所定位置には、基準部材300が配置されている。基準部材300には、基板アライメント系350により検出される基準マークPFMと、マスクアライメント系360により検出される基準マークMFMとが所定の位置関係で設けられている。基準部材300の上面301Aはほぼ平坦面となっており、基板ステージPSTに保持された基板P表面、及び基板ステージPSTの上面51とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。基準部材300の上面301Aは、フォーカス検出系30の基準面としての役割も果たすことができる。

【0048】

また、基板アライメント系350は、基板P上に形成されたアライメントマーク1も検出する。図2に示すように、基板P上には複数のショット領域S1～S24が形成されており、アライメントマーク1は複数のショット領域S1～S24に対応して基板P上に複数設けられている。なお図2では、各ショット領域は互いに隣接するように図示されているが、実際には互いに離間しており、アライメントマーク1はその離間領域であるスクライプライン上に設けられている。

【0049】

また、基板ステージPST上において、基板Pの外側の所定位置には、計測用センサとして例えば特開昭57-117238号公報に開示されているような照度ムラセンサ400が配置されている。照度ムラセンサ400は平面視矩形状の上板401を備えている。上板401の上面401Aはほぼ平坦面となっており、基板ステージPSTに保持された基板P表面、及び基板ステージPSTの上面51とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。上板401の上面401Aには、光を通過可能なピンホール部470が設けられている。上面401Aのうち、ピンホール部470以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。

【0050】

また、基板ステージPST上において、基板Pの外側の所定位置には、計測用センサとして例えば特開2002-14005号公報に開示されているような空間像計測センサ500が設けられている。空間像計測センサ500は平面視矩形状の上板501を備えている。上板501の上面501Aはほぼ平坦面となっており、基板ステージPSTに保持された基板P表面、及び基板ステージPSTの上面43とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。上板501の上面501Aには、光を通過可能なスリット部570が設けられている。上面501Aのうち、スリット部570以外はクロムなどの遮光性材料で覆われている。

【0051】

また、不図示ではあるが、基板ステージPST上には、例えば特開平11-16816号公報に開示されているような照射量センサ（照度センサ）も設けられており、その照射量センサの上板の上面は基板ステージPSTに保持された基板P表面や基板ステージPSTの上面43とほぼ同じ高さ（面一）に設けられている。

【0052】

このように、基板ステージPSTの上面は、基準部材300、照射ムラセンサ400、空間像計測センサ500なども含めてほぼ同じ高さ（面一）になっており、投影光学系PLの光学素子2と基板ステージPST上面との間に液体LQを保持した状態で、基板ステージPSTを広範囲に移動できるようになっている。

【0053】

なお、基準部材300、及び上板401、501などは基板ステージPSTに対して脱着可能（交換可能）となっている。

【0054】

また基準部材300、及び上板401、501の表面も撥液性になっており、その上に液浸領域を形成しても、その液体を容易に回収することができる。

【0055】

平面視矩形状の基板ステージPSTの-X側端部及び+Y側端部のそれぞれには、Y軸方向に沿って形成され、X軸方向にほぼ垂直な反射面MXを有するX移動鏡42Xと、X軸方向に沿って形成され、Y軸方向にほぼ垂直な反射面MYを有するY移動鏡42Yとがそれぞれ設けられている。移動鏡42Xの反射面MXには、X軸方向の位置（距離変化）を検出する干渉計43Xからの測長ビームBXが垂直に投射され、移動鏡42Yの反射面MYには、Y軸方向の位置（距離変化）を検出する干渉計43Yからの測長ビームBYが垂直に投射される。測長ビームBXの光軸はX軸方向と平行であり、測長ビームBYの光軸はY軸方向と平行であり、これら両者は、投影光学系PLの光軸AXで直交する（垂直に交差する）ようになっている。

【0056】

更に、一方の移動鏡42Xの反射面MXには、X軸 θ 干渉計43X θ からY軸方向に所定間隔隔てたX軸方向に平行な2本のビームBX θ 1、BX θ 2がそれぞれ垂直に投射され、X軸 θ 干渉計43X θ はそれらの反射光を受光したビームBX θ 1、BX θ 2の相互の光路差を計測する。更に、X軸 θ 干渉計43X θ は、2本のビームBX θ 1、BX θ 2のY軸方向の間隔で規定された範囲で移動鏡42Xの回転量を計測する。

【0057】

他方の移動鏡42Yの反射面MYには、Y軸 θ 干渉計43Y θ からX軸方向に所定間隔隔てたY軸方向に平行な2本のビームBY θ 1、BY θ 2がそれぞれ垂直に投射され、Y軸 θ 干渉計43Y θ はそれらの反射光を受光したビームBY θ 1、BY θ 2の相互の光路差を計測する。更に、Y軸 θ 干渉計43Y θ は、2本のビームBY θ 1、BY θ 2のX軸方向の間隔で規定された範囲で移動鏡42Yの回転量を計測する。

【0058】

図3は干渉計43Xの構成の一例をY軸方向から見た図である。干渉計43Xは、不図示の光源、該光源から射出されるレーザビーム61Xの光路上に配置された偏光ビームスプリッタ62X、ビームスプリッタ62Xの+Z側にXY面に対して45°の傾斜角で斜設されたミラー66X、ミラー66Xの+X側に配置された $\lambda/4$ 波長板（以下、「 $\lambda/4$ 板」と称する）63B、ビームスプリッタ62Xの+X側に配置された $\lambda/4$ 板63A、ビームスプリッタ62Xの-Z側に配置されたコーナーキューブ65X、及びビームスプリッタ62Xの-X側に配置されたレシーバ80Xなどを備えている。

【0059】

この干渉計43Xによると、不図示の光源から射出された周波数差を有するとともに、互いに直交した成分（P偏光成分とS偏光成分）を含むHe-Neレーザビーム61Xは、偏光ビームスプリッタ62Xに入射し、ここで偏光方向によって反射面MXへ向かうビーム（すなわち、前述の測長軸BXで示される測長ビーム）BXと、ミラー66Xを介して投影光学系PLの鏡筒PKに固定された参照鏡（固定鏡）67Xへ向かうビーム（以下、「参照ビーム」と称する）BX_rとに分けられる。ビームスプリッタ62Xで反射した参照ビームBX_r（S偏光）は、ミラー66Xで反射し、 $\lambda/4$ 板63Bを通過して円偏光となって参照鏡67Xの下半分に投射される。この参照ビームBX_r（円偏光）は、参

照鏡 67X で反射し、元の光路を逆向きに戻る。このとき、参照鏡 67X で反射した反射ビームは $\lambda/4$ 板 63B を再度通過することによって入射光（送り光）と直交した偏光方向の P 偏光に変換され、ミラー 66X で反射した後、偏光ビームスプリッタ 62X を透過してコーナーキューブ 65X に至る。この参照ビーム BXr（P 偏光）は、コーナーキューブ 65X の反射面で反射して逆向きに折り返され、再びビームスプリッタ 62X を通過し、更にミラー 66X、及び $\lambda/4$ 板 63B を順次通過し、この際に円偏光に変換されて参照鏡 67X の上半分に達する。この参照鏡 67X で反射した参照ビーム BXr（円偏光）は、 $\lambda/4$ 板 63B を再度通過する際に S 偏光に変換され、ミラー 66X、及び偏光ビームスプリッタ 62X で順次反射し、レシーバ 80X に入射する。

【0060】

一方、ビームスプリッタ 62X を通過した測長ビーム BX（P 偏光）は、 $\lambda/4$ 板 63A を通過して円偏光に変換された後、移動鏡 42X の反射面 MX の下半分に投射される。この反射面 MX で反射した測長ビーム BX（円偏光）は、 $\lambda/4$ 板 63A を通過して S 偏光に変換され、ビームスプリッタ 62X で下方に反射し、コーナーキューブ 65X の反射面で反射して逆向きに折り返され、再びビームスプリッタ 62X で反射して、 $\lambda/4$ 板 63A を通過して円偏光に変換され、反射面 MX の上半分に投射される。この反射面 MX で反射した測長ビーム BX（円偏光）は、 $\lambda/4$ 板 63A を通過して P 偏光に変換され、ビームスプリッタ 62X を通過して前述した参照ビーム BXr（S 偏光）と同軸に合成されてレシーバ 80X に入射する。レシーバ 80X は、移動鏡 42X の反射面 MX からの反射ビーム（測長ビーム BX（P 偏光））と、参照鏡 67X からの反射ビーム（参照ビーム BXr（S 偏光））とを、偏光方向を合わせて互いに干渉させ、それらの反射ビーム（光源から射出されたレーザビーム 61X に含まれる周波数差を有する互いに直交した偏光成分と実質的に同一のビーム）の周波数差を利用して、ヘロダイン方式で 2 つの光路（測長ビーム BX の光路及び参照ビーム BXr の光路）の光路長の差（光路差）を検出する。このような光路差の検出が、移動鏡 42X（反射面 MX）の X 軸方向の位置の変化に応じて行われることにより、結果的に測長ビーム BX と参照ビーム BXr との光路差の変化が検出されることになる。

【0061】

なお、干渉計 43Y も、上述した干渉計 43X と同様、ビームスプリッタ、ミラー、レシーバ、 $\lambda/4$ 板などを含んで構成されており、図 3 を参照して説明した干渉計 43X と同等の構成を有しているため、その説明を省略するものとする。

【0062】

図 4 は θ 干渉計 43X の概略構成を示す図である。図 4 において、 θ 干渉計 43X は、不図示の光源、該光源から射出されるレーザビーム 81X の光路上に配置された偏光ビームスプリッタ 82X、ビームスプリッタ 82X の +X 側に XZ 面に対して 45° の傾斜角で斜設されたミラー 85X、ミラー 85X の +Y 側にミラー 85X と同様に斜設されたミラー 86X、ミラー 86X の +X 側に配置された $\lambda/4$ 板 84B、ビームスプリッタ 82X の -Y 側にミラー 85X の向きとは直交する向きで配置されたミラー 83X、ミラー 83X の +X 側に配置された $\lambda/4$ 板 84A、及びビームスプリッタ 82X の +Y 側に配置されたレシーバ 87X などを備えている。

【0063】

この θ 干渉計 43X によると、不図示の光源から射出された周波数差を有するとともに、互いに直交した成分（P 偏光成分と S 偏光成分）を含む He-Ne レーザビーム 81X は、偏光ビームスプリッタ 82X で反射又は透過することにより 2 つに分岐される。ビームスプリッタ 82X で反射した S 偏光のビームは、ミラー 83X で反射した後、 $\lambda/4$ 板 84A を介して円偏光のビーム BX θ 1 となって移動鏡 42X の反射面 MX の一点に対して垂直に投射される。ビームスプリッタ 82X を透過した P 偏光のビームはミラー 85X、86X で順次反射した後、 $\lambda/4$ 板 84B を通過した円偏光のビーム BX θ 2 となって反射面 MX の別の 1 点に対して垂直に投射される。ここで、ビーム BX θ 1 とビーム BX θ 2 とは X 軸に対して平行であり、Y 軸方向の間隔は移動鏡 MX の反射面上で SX（1

0 mm～数十mm程度)に設定されている。

【0064】

移動鏡42Xの反射面MXで反射したビームBX θ 1(円偏光)は、 $\lambda/4$ 板84Xを再度透過してP偏光のビームとなった後、ミラー83Xで反射し、更にビームスプリッタ82Xを透過してレシーバ87Xに入射する。一方、反射面MXで反射したビームBX θ 2(円偏光)は、 $\lambda/4$ 板84Bを再度通過してS偏光のビームとなった後、ミラー86X、85Xで順次反射し、ビームスプリッタ82Xに至る。そして、このビーム(S偏光)は、ビームスプリッタ82Xで反射して、前述のP偏光のビームと同軸に合成されてレシーバ87Xに入射する。

【0065】

レシーバ87Xは、入射したビームBX θ 1の反射ビーム(P偏光)と、ビームBX θ 2の反射ビーム(S偏光)とを、偏光方向を合わせて互いに干渉させ、それらの反射ビーム(光源から射出されたレーザービーム81Xに含まれる周波数差を有する互いに直交した偏光成分と実質的に同一のビーム)の周波数差を利用して、ヘロダイン方式で2つの光路(ビームBX θ 1の光路及びビームBX θ 2の光路)の光路長の差(光路差)を検出する。このような光路差の検出が、移動鏡42X(反射面MX)の θ Z方向の姿勢の変化に応じて行われることにより、結果的にビームBX θ 1とビームBX θ 2との光路差の変化が検出されることになる。

【0066】

なお上記説明では省略したが、 θ 干渉計43X θ に関しても、実際には干渉計43X及び干渉計43Yと同様に参照鏡(固定鏡)を基準として移動鏡42Xの反射面MXの2点での光路差を計測するようになっている。

【0067】

なお、他方の θ 干渉計43Y θ についても、上述した θ 干渉計43X θ と同様、ビームスプリッタ、ミラー、レシーバ、 $\lambda/4$ 板などを含んで構成されており、図4を参照して説明した θ 干渉計43X θ と同等の構成を有しているので、具体的な構成についてはその説明を省略するものとする。

【0068】

なお、上記各干渉計の構成は一例であり、その他の構成を採用することも可能である。要は、2本のビームBX、BX r の光路差の変化量、及び2本のビームBX θ 1、BX θ 2の光路差の変化量が求められればよい。例えば、 θ 干渉計43X θ 、43Y θ の代わりに、干渉計43X又は43Yと同一構成の一对の干渉計を、その測長軸が上記間隔だけ離れるように、移動鏡42X、42Yの反射面MX、MYにそれぞれ対応して配置し、それらの計測軸と上記間隔とから移動鏡42X、42Y(反射面MX、MY)の反射面の局所的な回転量と基板ステージPSTの回転量(ヨーイング)とを求めるようにしてもよい。この場合、X軸とY軸とのそれぞれで、その一对の干渉計のみを用いることとし、干渉計43X、43Yを設けなくてもよい。なお、上述の参照鏡67Xなどは必ずしも投影光学系PLに設けなくてもよいし、基板ステージPSTの θ Y方向の回転量(ピッチング量)や、 θ X方向の回転量(ローリング量)の計測に用いられる干渉計を追加してもよい。

【0069】

そして、上述した干渉計43X、43Y、43X θ 、43Y θ それぞれのレシーバからの計測信号(検出信号)は、制御装置CONTに出力される。

【0070】

ここで、本実施形態の露光装置EXにおいては、基板ステージPST上の基板Pの露光が終了した段階で、不図示の基板交換機構により基板ステージPST上で露光済みの基板Pと次の露光対象である基板Pとの交換が行われる。

【0071】

そして、本実施形態の露光装置EXにおいては、所定枚数、例えば1ロット(1ロットは例えば25枚又は50枚など)おきの基板Pの交換の度に、すなわち1ロットの最終の基板Pに対する露光が終了し、その基板Pと次のロットの先頭の基板Pとの交換を行う際

に、制御装置CONTによって基板ステージPST上の移動鏡42X、42Yの反射面MX、MYの表面形状の計測が行われるようになっている。

【0072】

以下、反射面MX、MYの表面形状（凹凸、傾き）の計測方法の一例について説明する。

図5には、例えば基板ステージPST上の基板Pに対する露光動作が終了したときの位置（露光終了位置）にある基板ステージPSTが符号PSTEで図示され、基板交換が行われる位置（基板交換位置）にある基板ステージPSTが符号PSTLで示されている。以下の説明において、説明の便宜上、露光終了位置を露光終了位置PSTEと表記し、基板交換位置を基板交換位置PSTLと表記するものとする。

【0073】

本実施形態の露光装置EXでは、前ロットの最終基板Pの露光完了後に、基板P上、あるいは基板ステージPST上の液体LQはすべて回収されており、ドライ状態になっている。

【0074】

また、本実施形態の露光装置EXでは、前ロットの最終の基板Pを次ロットの先頭の基板Pに交換する場合（以下、適宜「ロット先頭の基板交換時」と称する）以外の基板交換時には、通常と同様に、基板ステージPSTの露光終了位置PSTEから基板交換位置PSTLまで移動、及び基板交換位置PSTLから露光開始位置までの移動は、基板ステージPSTの移動距離がほぼ最短となるような経路に沿って行われる。

【0075】

一方、ロット先頭の基板交換時には、基板ステージPSTは、まず、制御装置CONTにより、図6に示されるように、露光終了位置PSTEから符号PSTMで示される中間位置（以下、適宜「中間位置PSTM」と称する）に向けてX軸方向に沿って移動される。なお、基板ステージPST上の液体LQは露光終了位置PSTEで全て回収されている。

【0076】

そして、この移動の間に、制御装置CONTにより移動鏡42Yのドライ状態での反射面MYの表面形状を算出するためのデータが取得される。

【0077】

すなわち、制御装置CONTは、干渉計43X、43Yの計測値をモニタしつつ、基板ステージPSTを、上述の如く、露光終了位置PSTEから中間位置PSTMまで-X方向に移動する。この移動は、移動開始後の加速、等速移動、移動終了直線の減速の順で行われる。この場合の加速域、及び減速域は僅かであり、殆どが等速域である。

【0078】

上述の基板ステージPSTの移動中、制御装置CONTは、干渉計43Xの計測値の所定回数おきのサンプリングのタイミングに同期して、干渉計43Y θ 及び43X θ の計測値をサンプリングし、次のようにして、移動鏡42Yの反射面MYの表面形状算出のための凹凸量（傾斜データ）の算出を行う。

【0079】

以下、図8を参照しながら反射面MYの凹凸量の算出方法について説明する。

なお上述したように、 θ 干渉計は実際には固定鏡（前述の参照鏡）を基準にして移動鏡42X、42Yの反射面MX、MYの回転量を計測しているが、ここでは説明を簡単にするために、図8に示すように、 θ 干渉計43Y θ は仮想的に固定された基準線RYを基準に移動鏡42Y（反射面MY）の局所的な傾き（回転量や曲がり量）を誤差情報として検出するものとして説明する。

【0080】

図8において、基準線RYと移動鏡42Yの反射面MYとの距離をYa（干渉計43Yで計測する値）とし、その位置での反射面MY（移動鏡42Y）の局所的な回転量（傾き角、曲がり角）を $\theta Y(x)$ とする。 θ 干渉計43Y θ は、基準線RY上でX軸方向にS

Yだけ離れた2点で、反射面MYまでの距離 $Y\theta 1$ と $Y\theta 2$ とを計測し、両距離の差分 $Y\theta(x)$ を計測する。すなわち、次式(1)で示される差分 $Y\theta(x)$ を計測する。

【0081】

$$Y\theta(x) = Y\theta 2 - Y\theta 1 \quad \dots (1)$$

【0082】

ここで、制御装置CONTは、移動鏡42Yの反射面MYがX軸方向の基準点 O_x にあるとき、すなわち反射面MY上の固定された点Oに、干渉計43Yの測長ビームBYが入射している時点から計測を開始しているものとする。なお、この時点は、基板ステージPSTが加速を終了した時点である。このとき、制御装置CONTは、干渉計43X及び θ 干渉計43X θ の計測値とともにゼロセットしているものとする。図8の下半部には、このリセットの様子が視覚的に示されている。

【0083】

この場合において、移動鏡の局所的な回転量(傾き角) $\theta Y(x)$ は多くとも1~2秒程度の微小角であり、間隔SYは10mmから数十mmであるので、角度 $\theta Y(x)$ は次式(2)にて近似することができる。

【0084】

$$\theta Y(x) = Y\theta(x) / SY \quad \dots (2)$$

【0085】

一方、反射面MYの位置 O_x における反射面のY座標値を基準($\Delta Y(x) = 0$)とする凹凸量 $\Delta Y(x)$ は、基準点 O_x を $x = 0$ として、次式(3)にて求めることができる。

【0086】

【数1】

$$\Delta Y(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx \quad \dots (3)$$

【0087】

但し実際には、移動中には基板ステージPSTにヨーイングなどが発生し得るため、 $\Delta Y(x)$ は、移動鏡42Yの反射面MYの傾きによる凹凸の他に、ヨーイング量による誤差分を含んでいる。したがって、そのヨーイング量による誤差分を上式(3)で求められる値から差し引く必要がある。

【0088】

この場合、基板ステージPSTはX軸方向に一次元移動するだけなので、 θ 干渉計43X θ の2本のビームBX $\theta 1$ 、BX $\theta 2$ は、移動鏡42Xの反射面MX上の実質的に同一の点にそれぞれ投射され続ける。この場合、 θ 干渉計43X θ の計測値は前述の如く基準点 O_x でリセットされているので、位置xでの θ 干渉計43X θ の値は、基準点 O_x を基準とした基板ステージPSTのヨーイング量X $\theta(x)$ となる。

【0089】

そこで、反射面の凹凸量 $\Delta Y(x)$ を算出するために用いた θ 干渉計43Y θ の計測値 $\theta Y(x)$ に対応する θ 干渉計43X θ による計測値X $\theta(x)$ を用いて、次式(4)のような補正演算を行うことにより、移動鏡42Yの反射面MYの真の凹凸量DY1(x)を求める。

【0090】

【数 2】

$$DY1(x) = \int_0^x \theta Y(x) dx - \int_0^x X \theta(x) dx \quad \dots (4)$$

【0091】

そこで、制御装置CONTでは、上式(4)の演算を、データ $\theta Y(x)$ 及び $X \theta(x)$ をサンプリングする毎に行い、各サンプリング点に対応する移動鏡42Yの反射面MYのドライ状態での凹凸量DY1(x)をメモリMRY内に格納する。

【0092】

このとき、上式(4)の演算の対象となる、最終のサンプリングデータは、 $x=L$ に対応するデータであるものとする。 $x=L$ となる時点は、基板ステージPSTが減速を開始した点に一致しているものとする。

【0093】

以上のように、ほぼX軸方向に沿って設けられた反射面MYの誤差情報を計測するとき、基板ステージPST上に液浸領域AR2が形成されていない状態(ドライ状態)で、Y軸方向の複数の位置に基板ステージPSTを移動させ、その複数の位置に対応する複数の情報を計測することにより、反射面MYのドライ状態での誤差情報を計測することができる。そして、上述したように、基板ステージPSTのX軸方向への移動中に、基板ステージPSTの位置情報を計測するための干渉計43Y、43Y θ より、Y軸方向とはほぼ平行な複数のビームBY、BY θ 1、BY θ 2を反射面MYに照射するとともに、反射面MYからの反射光を受光することで、制御装置CONTは、レーザの受光結果に基づいて、反射面MYの誤差情報を効率良く計測することができる。

【0094】

次に、制御装置CONTは、図7に示すように、干渉計43X、43Yの計測値をモニタしつつ、基板ステージPSTを、中間位置PSTMから基板交換位置PSTLに向けて+Y方向に移動する。この場合も、移動開始後の加速、等速移動、移動終了直前の減速の順で行われる。この場合の加速域、及び減速域は僅かであり、殆どが等速域である。

【0095】

上記の基板ステージPSTの移動中、制御装置CONTは、干渉計43Yの計測値の所定回数おきのサンプリングのタイミングに同期して、干渉計43Y θ 及び43X θ の計測値を同時にサンプリングし、そのサンプリングの度に、前述と同様にして、移動鏡42Xの反射面MXの凹凸量データ(傾斜データ)の算出を行う。

【0096】

すなわち、制御装置CONTは、 θ 干渉計43X θ の計測値を $X \theta(y)$ 、 θ 干渉計43X θ の2本のビームの間の間隔をSX(図4参照)として、反射面の局部的な回転量、すなわち傾き角(曲がり角) $\theta X(y)$ を次式(5)にしたがって算出するとともに、 θ 干渉計43Y θ の計測値を $Y \theta(y)$ として、次式(6)に基づいて、移動鏡42Xの反射面MXの凹凸量DX1(y)を求める。

【0097】

$$\theta X(y) = X \theta(y) / SX \quad \dots (5)$$

【0098】

【数 3】

$$DX1(y) = \int_0^y \theta X(y) dy - \int_0^y Y \theta(y) dy \quad \dots (6)$$

【0099】

以上のようにして、制御装置CONTは、各サンプリング点に対応する移動鏡42Xの反射面MXのドライ状態での凹凸量DX1(y)を求め、メモリMR Y内に格納する。

【0100】

このとき、上式(6)の演算の対象となる、最終のサンプリングのデータは、 $y=L'$ に対応するデータであるものとする。 $y=L'$ となる時点は、基板ステージPSTが減速を開始した点に一致しているものとする。

【0101】

以上のように、ほぼY軸方向に沿って設けられた反射面MXの誤差情報を計測するとき、基板ステージPST上に液浸領域AR2が形成されていない状態(ドライ状態)で、X軸方向の複数の位置に基板ステージPSTを移動させ、その複数の位置に対応する複数の情報を計測することにより、反射面MXのドライ状態での誤差情報を計測することができる。そして、上述したように、基板ステージPSTのY軸方向への移動中に、基板ステージPSTの位置情報を計測するための干渉計43X、43X θ より、X軸方向とほぼ平行な複数のビームBX、BX θ 1、BX θ 2を反射面MXに照射するとともに、反射面MXからの反射光を受光することで、制御装置CONTは、レシーバの受光結果に基づいて、反射面MXの誤差情報を効率良く計測することができる。

【0102】

その後、基板交換位置PST_Lにおいて、不図示の基板交換機構により、基板ステージPST上の前ロットの最終基板と次ロットの先頭の基板との交換が行われる。

【0103】

基板交換の終了後、制御装置CONTは、液体供給機構10及び液体回収機構20を制御して、基板ステージPST上に液体LQを供給し、基板ステージPST上に液浸領域AR2を形成する。すなわち、基板ステージPSTをウェット状態にする。

【0104】

基板ステージPST上に液浸領域が形成されると、制御装置CONTは、基板ステージPST上に液浸領域AR2を形成した状態(ウェット状態)で、基板ステージPSTを、図7とは反対の経路で、基板交換位置PST_Lから中間位置PST_Mまで+Y方向に移動し、この移動中における等速移動の間に計測されたデータのみを用いて、前述と同様の手順で、移動鏡42Xの反射面MXのウェット状態での傾斜データとしての凹凸量DX2(y)を算出し、メモリMR Yに記憶する。この場合、移動鏡42Xのウェット状態での反射面MXの凹凸量DX2(y)は、次式(7)に基づいて算出される。

【0105】

【数 4】

$$DX2(y) = - \int_0^{L'-y} \theta X(L'-y) dy + \int_0^{L'-y} Y \theta(L'-y) dy \quad \dots (7)$$

【0106】

次いで、制御装置CONTは、図6とは反対の経路で、基板ステージPST上に液浸領域AR2を形成した状態(ウェット状態)で、基板ステージPSTを中間位置PST_Mか

ら露光終了位置 P S T_E まで +X 方向に移動し、この移動中における等速移動の間に計測されたデータのみを用いて、前述と同様の手順で、移動鏡 42 Y の反射面 M Y のウェット状態での傾斜データとしての凹凸量 D Y 2 (x) を算出し、メモリ M R Y に記憶する。この場合、移動鏡 42 Y の反射面 M Y のウェット状態での凹凸量 D Y 2 (x) は、次式 (8) に基づいて算出される。

【0107】

【数5】

$$DY2(x) = -\int_0^{L-x} \theta Y(L-x) dx + \int_0^{L-x} X \theta(L-x) dx \quad \dots (8)$$

【0108】

以上のように、基板 P を交換するために、X Y 2 次元面内で移動鏡 42 X、42 Y の反射面 M X、M Y にほぼ平行な所定軸 Y 軸、X 軸方向に基板ステージ P S T を移動している間に、反射面 M X、M Y のドライ状態での誤差情報とウェット状態での誤差情報とを効率良く測定することができる。また、X Y 2 次元面内で移動鏡 42 X、42 Y の反射面 M X、M Y にほぼ平行な所定軸 Y 軸、X 軸方向に基板ステージ P S T を移動している間に、反射面の誤差としての局所的な回転量（傾き）と基板ステージ P S T の回転量（ヨーイング）とが同時に測定される。そして、基板ステージ P S T がほぼ等速で移動しているときに測定された移動鏡の反射面の局所的な回転量及びこれに対応する基板ステージ P S T の回転量のみを用いて、反射面の形状が算出される。更には、反射面 M X とその反射面 M X にほぼ垂直な反射面 M Y を有している基板ステージ P S T が X 軸方向（又は Y 軸方向）に移動するとき、移動鏡 M X、M Y の少なくとも一方の取り付け誤差などに起因して、基板ステージ P S T が X 軸（あるいは Y 軸）に対してずれて移動する直交度誤差が生じる可能性があるが、本実施形態によれば、その直交度誤差情報も計測することができる。

【0109】

なお、上述の実施形態においては、上述した反射面 M X、M Y のドライ状態での誤差情報を計測するときの基板ステージ P S T の移動方向と、ウェット状態での誤差情報を計測するときの基板ステージ P S T の移動方向とが逆方向になっているが、それぞれの状態で、基板ステージ P S T を同方向に移動しながらそれぞれの反射面の誤差情報を計測する方が望ましい。

【0110】

また、上述のように、反射面の部分的な曲がり量（傾き角）を積算（積分）することにより凹凸量を求めるという手法を採用した場合、一方向の移動のみのデータを用いる場合には、前述の式 (2)、式 (5) の近似の際の誤差が積算され、反射面の端部近傍に近づくほど算出結果に大きな誤差が含まれる可能性がある場合には、ドライ状態とウェット状態のそれぞれで、基板ステージ P S T の X 方向へ往復移動と Y 方向への往復移動を行って、移動鏡 42 X、42 Y の反射面 M X、M Y の往路の凹凸量（傾斜データ）と、復路の凹凸量（傾斜データ）とを平均化して、移動鏡のいずれの部分においても、その誤差を同程度の値にすることで、移動鏡 42 X、42 Y の反射面 M X、M Y の表面形状（凹凸量）の計測精度を向上させるようにしてもよい。

【0111】

また、上述した反射面 M X、M Y の誤差情報の計測は、1 ロットおきの基板 P の交換の度に行うように説明したが、もちろん任意のタイミングで行うことが可能である。また、反射面 M X、M Y の誤差情報の計測方法として、例えば特開平 3-10105 号公報に開示されている方法を用いることもできる。

【0112】

以上のように、基板ステージ P S T 上に液体 L Q が供給されたウェット状態での反射面

MX、MYの誤差情報が第1情報としてメモリMR Yに記憶される。また、基板ステージP S T上に液体L Qが供給されていないドライ状態での反射面MX、MYの誤差情報が第2情報としてメモリMR Yに記憶される。

【0113】

ところで、移動鏡42の反射面MX、MYに誤差（曲がり、傾き、凹凸など）が生じる要因として、移動鏡42の製造誤差や基板ステージP S Tに対する移動鏡42の取り付け誤差、あるいは基板ステージP S Tの加減速移動に伴う変形などが考えられるが、特に液浸露光装置においては、基板Pや基板ステージP S T上に形成された液浸領域AR 2の液体L Qの圧力や重みによって、反射面MX、MYに誤差が生じることが考えられる。つまり、液体L Qの圧力や重みによって基板ステージP S Tが僅かながら変形し、その基板ステージP S Tの変形に伴って、移動鏡42 X、42 Yの反射面MX、MYに誤差（変形）が生じる可能性がある。したがって、ドライ状態とウェット状態とで、移動鏡42 X、42 Yの反射面MX、MYに生じる誤差量（曲がり量、傾き量、凹凸量など）が互いに異なる状況が生じる可能性がある。

【0114】

また液浸露光装置においては、基板ステージP S T上に設けられた各種計測部材、例えば上述した基準部材300や光学センサ400、500などを使って計測処理を行う際、基板ステージP S T上（基板P上も含む）に液体L Qの液浸領域AR 2を形成したウェット状態で計測処理を行う構成と、基板ステージP S T上（基板P上も含む）に液浸領域AR 2を形成しないドライ状態で計測処理を行う構成とが考えられる。このとき、ドライ状態での計測時とウェット状態での計測時とで、計測位置基準となる移動鏡42 X、42 Yの反射面MX、MYの誤差量が互いに異なると、ドライ状態での計測結果とウェット状態での計測結果との関連付けが困難になり、計測精度の劣化を招く不都合が生じる可能性がある。また、ドライ状態での計測結果を参照して基板Pを液浸露光（ウェット状態で露光）する場合においても、ドライ状態とウェット状態との反射面MX、MYの誤差量の違いによって、ドライ状態での計測結果を使ったウェット露光を精度良く行うことができない不都合が生じる可能性がある。

【0115】

そこで、本実施形態においては、ウェット状態での反射面MX、MYの誤差情報と、ドライ状態での反射面MX、MYの誤差情報とを予め求め、その求めた誤差情報を第1情報及び第2情報としてメモリMR Yに予め記憶しておく。そして、計測処理や露光処理においては、メモリMR Yに記憶しておいた誤差情報に基づいて、干渉計43の計測結果や基板ステージP S Tの位置を補正などすることで、良好な計測精度及び露光精度を維持することができる。

【0116】

ここで、上記第1情報及び第2情報を取得するために反射面MX、MYの誤差情報を計測するときは、基板ステージP S T上に基板Pが保持された状態で行う。基板Pの重みなどに起因して、基板ステージP S T上に基板Pを保持した状態と保持しない状態とでの反射面MX、MYの誤差量が互いに異なる可能性がある。一方で、基板P上のアライメントマーク1を検出する工程を有するアライメント処理や、基板Pを液浸露光する露光処理は、当然のことながら基板ステージP S T上に基板Pを保持した状態で行われる。したがって、反射面MX、MYの誤差情報を計測するときも、基板Pを基板ステージP S T上に保持しておくことで、アライメント処理時や露光処理時に応じた反射面MX、MYの誤差情報を計測することができる。

【0117】

また、本実施形態によれば、基板ステージP S T上には反射面MXを有する移動鏡42 Xと、その反射面MXにはほぼ垂直な反射面MYを有する移動鏡42 Yとのそれぞれの誤差情報を計測可能であるので、ウェット状態とドライ状態とのそれぞれにおける反射面MXと反射面MYとの直交度誤差情報も計測することができる。

【0118】

なお、反射面MX、MYの誤差情報を計測するとき、基板ステージPST上に液体LQを供給しないドライ状態で反射面MX、MYの誤差情報を計測した後に、基板ステージPST上に液体LQを供給して、基板ステージPST上に液体LQを供給したウェット状態での反射面MX、MYの誤差情報を計測してもよいし、ウェット状態で誤差情報を計測した後にドライ状態で誤差情報を計測してもよい。

【0119】

また反射面MX、MYの誤差情報の計測は、前のロットの最後の基板と次のロットの最初の基板との交換動作中に限らず、あるロットの最初の基板を基板ステージPSTに載せた状態で、反射面MX、MYのドライ状態とウェット状態の誤差情報を図るようにしてもよいし、反射面MX、MYの誤差情報を計測時間を別途も受けるようにしてもよい。

【0120】

次に、上述した構成を有する露光装置EXを用いてマスクMのパターン像を基板Pに露光する方法について、図9に示すフローチャート図を参照しながら説明する。なお、ここでは、上述のように、あるロットの1枚目の基板Pを基板ステージPST上に搬入した後に、移動鏡42X、42Yの反射面MX、MYのウェット状態で誤差情報の計測完了後の工程を説明する。

【0121】

上述したように、基板ステージPST上に液体LQが供給されたウェット状態での移動鏡42X、42Yの反射面MX、MYの誤差情報が第1情報としてメモリMR Yに記憶されるとともに、基板ステージPST上に液体LQが供給されていないドライ状態での移動鏡42X、42Yの反射面MX、MYの誤差情報が第2情報としてメモリMR Yに記憶されている（ステップSA1）。

【0122】

次に基板Pを精度良く露光するための各種の計測処理が行われる（ステップSA2）。

【0123】

まず、制御装置CONTは、例えば投影光学系PLと照度ムラセンサ400の上板401とを対向させた状態で、液体供給機構10及び液体回収機構20を使って、液体LQの供給及び回収を行い、投影光学系PLの先端部の光学素子2と上板401の上面401A上との間に液体LQの液浸領域を形成する。

【0124】

そして、投影光学系PLの光学素子2と上板401の上面401Aとに液体LQを接触させたウェット状態で、制御装置CONTは、照明光学系ILより露光光ELを射出し、投影光学系PLと液体LQとを介して、照度ムラセンサ400により投影領域AR1内における露光光ELの照度分布を検出する。具体的には、基板ステージPSTを移動させることで、照度ムラセンサ400の上面401A上に液体LQの液浸領域を形成した状態で、露光光ELが照射される照射領域（投影領域）内の複数の位置で順次照度ムラセンサ400のピンホール部470を移動させる。制御装置CONTは、照度ムラセンサ400の検出結果に基づいて、投影光学系PLの投影領域AR1内における露光光ELの照度分布が所望状態となるように、その露光光ELの照度分布を適宜補正する。

【0125】

液体LQを介したウェット状態での照度ムラセンサ400の計測処理時において、基板ステージPSTの位置を干渉計43で計測しながら移動するとき、制御装置CONTは、干渉計43で計測された位置情報とメモリMR Yに記憶してある第1情報とに基づいて、基板ステージPSTの位置を制御する。具体的には、制御装置CONTは、第1情報に基づいて反射面MX、MYの誤差量を補正するための補正量を求め、その補正量に基づいて、干渉計43の計測結果を補正し、その補正した結果に基づいて基板ステージPSTの位置を基板ステージ駆動装置PSTDを介して制御する。あるいは、干渉計43の計測結果に基づいて、基板ステージPSTを移動するときの駆動量を補正するようにしてもよい。このように、反射面MX、MYの誤差量を補償して基板ステージPSTの位置（移動）を制御するため、反射面MX、MYの誤差がないのと同じ状態で基板ステージPSTを制御

するため、露光光E Lの照度分布を精度良く計測することができる。

【0126】

露光光E Lの照度分布の検出が終了した後、制御装置CONTは、液体回収機構20を使って、照度ムラセンサ400の上板401の上面401A上に形成された液浸領域AR2の液体LQを回収する。

【0127】

以上、照度ムラセンサ400による計測動作について説明したが、空間像計測センサ500や照度センサを使った液体LQを介したウェット状態での計測処理時においても、メモリMRYに予め記憶してある第1情報に基づいて基板ステージPSTの位置を制御することができ、各計測を精度良く実行することができる。

【0128】

次に計測処理の一つとして、ベースライン量の計測を行う。ベースライン量とは、レーザ干渉計で規定される座標系内でのパターン像の投影位置と基板アライメント系350の検出基準位置との位置関係を示すものである。まず、制御装置CONTは、マスクアライメント系360により基準部材300上の基準マークMFMを検出する。基準マークMFMを検出するとき、制御装置CONTは、XYステージ53を移動して投影光学系PLの先端部と基準部材300とを対向させる。そして、制御装置CONTは、液体供給機構10及び液体回収機構20による液体LQの供給及び回収を行い、投影光学系PLの先端部の光学素子2と基準部材300の上面301Aとの間を液体LQで満たして液浸領域を形成する。

【0129】

そしてマスクアライメント系360を使って基準部材300上の基準マークMFMを検出するとき、図10に示すように、制御装置CONTは、マスクアライメント系360によりマスクM、投影光学系PL、及び液体LQを介して（ウェット状態で）基準部材300上の基準マークMFMの検出、すなわちマスクMのマークと基準部材300上の基準マークMFMとの位置関係の検出を行う。これによりレーザ干渉計43で規定される座標系内でのマスクMのパターン像の投影位置情報が基準マークMFMを使って検出される。

【0130】

ウェット状態でマスクアライメント系360が基準マークMFMの検出を行っているときに、制御装置CONTはレーザ干渉計43を使って基板ステージPSTの位置を計測する。このとき、基板P上に液体LQが供給されたウェット状態においては、制御装置CONTは、干渉計43で計測された基板ステージPSTの位置情報とメモリMRYに記憶されている第1情報とに基づいて、基板ステージPSTの位置を制御する。具体的には、制御装置CONTは、第1情報に基づいて反射面MX、MYの誤差量を補正するための補正量を求め、その補正量に基づいて、干渉計43の計測結果を補正し、その補正した結果に基づいて基板ステージPSTの位置を基板ステージ駆動装置PSTDを介して制御する。あるいは、干渉計43の計測結果に基づいて、基板ステージPSTを移動するときの駆動量を補正するようにしてもよい。この場合も、反射面MX、MYの誤差量を補償して基板ステージPSTの位置（移動）を制御するため、反射面MX、MYの誤差がないのと同じ状態で基板ステージPSTを制御しながら、マスクMのパターン像の投影位置情報を求めることができる。

【0131】

基準マークMFMの検出が終了した後、制御装置CONTは、液体回収機構20あるいは液体回収機構20とは別に設けられた所定の液体回収機構を使って、基準部材300の上面301A上に形成された液浸領域AR2の液体LQを回収する。なお、反射面MX、MYのウェット状態での誤差情報の計測開始から基準マークMFMの検出が完了するまでは、基板ステージPST上に液浸領域AR2を形成したままでもよいし、反射面MX、MYの誤差情報や照度ムラセンサ400による照度分布などの各計測が完了する毎に液体回収機構20を使って基板ステージPST上の液体を回収するようにしてもよい。

【0132】

液体LQの回収が完了すると、制御装置CONTは、基板アライメント系350の検出領域が基準部材300上に位置決めされるように、XYステージ53を移動する。

【0133】

基板アライメント系350によって基準部材300上の基準マークPFMを検出するとき、図11に示すように、制御装置CONTは、基板アライメント系350によって基準部材300上の基準マークPFMを液体LQを介さずに（ドライ状態で）検出し、レーザ干渉計43によって規定される座標系内での基準マークPFMの位置情報を検出する。これにより、レーザ干渉計43によって規定される座標系内での基板アライメント系350の検出基準位置が基準マークPFMを使って検出されたことになる。

【0134】

ドライ状態で基板アライメント系350が基準マークPFMの検出を行っているときに、制御装置CONTはレーザ干渉計43を使って基板ステージPSTの位置を計測する。このとき、基板P上に液体LQが供給されていないドライ状態においては、制御装置CONTは、干渉計43で計測された基板ステージPSTの位置情報とメモリMR Yに記憶されている第2情報とに基づいて、基板ステージPSTの位置を制御する。具体的には、制御装置CONTは、第2情報に基づいて反射面MX、MYの誤差量を補正するための補正量を求め、その補正量に基づいて、干渉計43の計測結果を補正し、その補正した結果に基づいて基板ステージPSTの位置を基板ステージ駆動装置PSTDを介して制御する。あるいは、干渉計43の計測結果に基づいて、基板ステージPSTを移動するときの駆動量を補正するようにしてもよい。このように、反射面MX、MYの誤差量を補償して基板ステージPSTの位置（移動）を制御するため、反射面MX、MYの誤差がないのと同じ状態で基板ステージPSTを制御しながら、基板アライメント系350の検出基準位置を求めることができる。

【0135】

そして、制御装置CONTは、基板アライメント系350の検出基準位置とパターンの像の投影位置との間隔（位置関係）であるベースライン量を求める。具体的には、基板アライメント系350の検出基準位置、パターン像の投影位置、及び予め定められている基準マークPFMと基準マークMF Mとの位置関係から、レーザ干渉計43で規定される座標系内でのパターン像の投影位置と基板アライメント系350の検出基準位置との位置関係（ベースライン量）が決定される。

【0136】

このように、ベースライン量の計測を行う場合には、ウェット状態とドライ状態とが混在することになるが、ウェット状態での基板ステージPSTの位置情報と、ドライ状態での基板ステージPSTの位置情報とを計測するときに、予め求めておいた第1情報及び第2情報に基づいて移動鏡42X、42Yの反射面MX、MYの誤差量を補正して、基板ステージPSTの位置制御を行っているので、移動鏡42X、42Yの反射面MX、MYに誤差がないのとはほぼ同じ状態でマスクMのパターン像の投影位置と基板アライメント系350の検出基準位置とが求められ、上記ベースライン量を精度良く求めることができる。

【0137】

次に、制御装置CONTは、アライメント計測処理を実行する（ステップSA3）。

制御装置CONTは、基板Pに対して重ね合わせ露光をするときに、基板P上の露光対象領域であるショット領域S1～S24に形成されているアライメントマーク1を基板アライメント系350で液体LQを介さずに（ドライ状態で）検出する。

【0138】

基板アライメント系350がアライメントマーク1の検出を行っているときの基板ステージPSTの位置はレーザ干渉計43で計測されており、その計測結果は制御装置CONTに出力される。基板アライメント系350がドライ状態で基板P上の複数のアライメントマーク1を検出するときも、制御装置CONTは、干渉計43で計測された位置情報とメモリMR Yに記憶されている第2情報とに基づいて、基板ステージPSTの位置を制御する。そして、制御装置CONTは、基板アライメント系350の検出基準位置に対する

ショット領域 $S_1 \sim S_{24}$ の位置情報 (ずれ) を求め、そのときの基板ステージ PST の位置からレーザ干渉計 43 で規定される座標系内でのショット領域 $S_1 \sim S_{24}$ のアライメント情報 (配列情報) を求める。このように、メモリ MR_Y に記憶されている第 2 情報を使って基板ステージ PST の位置を制御しているので、反射面 MX , MY の誤差がないのとはほぼ同じ状態で、ショット領域 $S_1 \sim S_{24}$ のアライメント情報 (配列情報) を求めることができる。なお、ショット領域 $S_1 \sim S_{24}$ に付随して形成されているすべてのアライメントマークを検出する必要はなく、一部のアライメントマークを検出して、例えば特開昭 61-44429 号公報 (USP4,780,617) に開示されているようにショット領域 $S_1 \sim S_{24}$ のアライメント情報を求めるようにしてもよい。

【0139】

また、基板アライメント系 350 による基板 P 上のアライメントマーク 1 の検出と並行して、フォーカス検出系 30 が液体 LQ を介さずに (ドライ状態で) 基板 P 表面の面位置情報を検出することができる。フォーカス検出系 30 の検出結果は、基板 P の位置に対応させて制御装置 $CONT$ に記憶される。

【0140】

基板 P 上のアライメントマーク 1 を基板アライメントマーク 350 で検出した後、制御装置 $CONT$ は、基板 P の液浸露光を行うために、液体供給機構 10 を駆動して基板 P 上に液体 LQ を供給するとともに液体回収機構 20 を駆動して基板 P 上の液体 LQ を所定量回収する。これにより、投影光学系 PL の先端部の光学素子 2 と基板 P との間に液体 LQ の液浸領域 AR_2 が形成される。

【0141】

そして、制御装置 $CONT$ は、液体供給機構 10 による基板 P 上に対する液体 LQ の供給と並行して、液体回収機構 20 による基板 P 上の液体 LQ の回収を行いつつ、基板 P を支持する基板ステージ PST を X 軸方向 (走査方向) に移動しながら、マスク M のパターン像を投影光学系 PL と基板 P との間の液体 LQ 及び投影光学系 PL を介して基板 P 上に投影露光する (ステップ SA_4)。

【0142】

液浸領域 AR_2 を形成するために液体供給機構 10 の液体供給部 11 から供給された液体 LQ は、供給管 13A、13B を流通した後、流路形成部材 70 内部に形成された供給流路を介して液体供給口 12A、12B より基板 P 上に供給される。液体供給口 12A、12B から基板 P 上に供給された液体 LQ は、投影光学系 PL の先端部 (光学素子 2) の下端面と基板 P との間に濡れ拡がるように供給され、投影領域 AR_1 を含む基板 P 上の一部に、基板 P よりも小さく且つ投影領域 AR_1 よりも大きい液浸領域 AR_2 を局所的に形成する。このとき、制御装置 $CONT$ は、液体供給機構 10 のうち投影領域 AR_1 の X 軸方向 (走査方向) 両側に配置された液体供給口 12A、12B のそれぞれより、走査方向に関して投影領域 AR_1 の両側から基板 P 上への液体 LQ の供給を同時に行う。これにより、液浸領域 AR_2 は均一且つ良好に形成されている。

【0143】

本実施形態における露光装置 EX は、マスク M と基板 P とを X 軸方向 (走査方向) に移動しながらマスク M のパターン像を基板 P に投影露光するものであって、走査露光時には、液浸領域 AR_2 の液体 LQ 及び投影光学系 PL を介してマスク M の一部のパターン像が投影領域 AR_1 内に投影され、マスク M が $-X$ 方向 (又は $+X$ 方向) に速度 V で移動するのに同期して、基板 P が投影領域 AR_1 に対して $+X$ 方向 (又は $-X$ 方向) に速度 $\beta \cdot V$ (β は投影倍率) で移動する。基板 P 上には複数のショット領域 $S_1 \sim S_{24}$ が設定されており、1つのショット領域への露光終了後に、基板 P のステップ移動によって次のショット領域が走査開始位置に移動し、以下、ステップ・アンド・スキャン方式で基板 P を移動しながら各ショット領域 $S_1 \sim S_{24}$ に対する走査露光処理が順次行われる。

【0144】

基板 P 上の複数のショット領域 $S_1 \sim S_{24}$ のそれぞれを順次露光する際、制御装置 $CONT$ は、ステップ SA_2 で求めたベースライン量と、ステップ SA_3 で求めた各ショッ

ト領域S1～S24の位置情報（配列情報）とに基づいて、XYステージ53を移動し、基板P上の各ショット領域S1～S24とパターン像とを位置合わせしながら、各ショット領域S1～S24の液浸露光処理を行う。

【0145】

ウェット状態で基板P上の各ショット領域を液浸走査露光しているときにも、制御装置CONTはレーザ干渉計43を使って基板ステージPSTの位置を計測する。このとき、基板P上に液体LQが供給されたウェット状態においては、制御装置CONTは、干渉計43で計測された基板ステージPSTの位置情報とメモリMRYに記憶されている第1情報とに基づいて、基板ステージPSTの位置を制御する。具体的には、上述同様、制御装置CONTは、第1情報に基づいて反射面MX、MYの誤差量を補正するための補正量を求め、その補正量に基づいて、干渉計43の計測結果を補正し、その補正した結果に基づいて基板ステージPSTの位置を基板ステージ駆動装置PSTDを介して制御する。あるいは、上述同様、干渉計43の計測結果に基づいて、基板ステージPSTを移動するときの駆動量を補正するようにしてもよい。このように、メモリMRYに記憶されている第1情報を使って、反射面MX、MYの誤差量を補償して基板ステージPSTの位置（移動）を制御するため、反射面MX、MYに誤差がないのとはほぼ同じ状態で基板ステージPSTの位置（移動）を精度よく制御することができ、基板ステージPST上に液体がない状態で計測された各ショット領域S1～S24の位置情報（配列情報）に基づいて、マスクのMのパターンの像と各ショット領域との位置合わせを正確に行うことができる。

【0146】

なお、上述の実施形態においては、反射面MX、MYに誤差情報に基づいて、ドライ状態においても、ウェット状態においても、反射面MX、MYに誤差がないのとはほぼ同じ状態で基板ステージPSTの位置制御を行うようにしているが、これに限らず、ドライ状態においても、ウェット状態においても、反射面MX、MYが共通の所定状態で基板ステージPSTの位置制御が行われるようにしてもよい。

【0147】

また、制御装置CONTは、フォーカス検出系30を使って基板P表面の面位置情報を検出し、投影光学系PL及び液体LQを介した像面と基板P表面とを合致させるように、基板ステージPSTを介して基板PをZ軸方向あるいは傾斜方向に移動したり、あるいは投影光学系PLの像特性を変化させつつ、各ショット領域S1～S24の液浸露光処理を行う。フォーカス検出系30は、投射部30Aより液体LQを介して基板P上に検出光Laを投射するとともに基板Pからの反射光を液体LQを介して受光することによって基板P表面の面位置情報を検出する。

【0148】

なお、各ショット領域S1～S24に対する走査露光中は、液体LQの供給前に求めた基板Pの表面情報に基づいて、フォーカス検出系30を使うことなしに、基板P表面と液体LQを介して形成される像面との位置関係を調整するようにしてもよい。あるいは、液体LQの供給前に求めた基板Pの表面位置情報と、走査露光中に液体LQを介して検出した基板Pの表面位置情報との双方を考慮して、基板P表面の位置制御を行うようにしてもよい。

【0149】

基板Pの各ショット領域S1～S24の液浸露光が終了した後、制御装置CONTは、液体回収機構20を使って、基板P上に形成された液浸領域AR2の液体LQを回収する（ステップSA5）。

ここで、液体回収機構20は、基板Pの液体LQの回収に加えて、基板ステージPST上面に残留した液体LQも回収する。

【0150】

基板P上及び基板ステージPST上の液体LQを回収した後、制御装置CONTは、露光済みの基板Pを基板ステージPSTより搬出（アンロード）する（ステップSA6）。

【0151】

なお、1枚目の基板Pの露光完了後に、2枚目以降の基板P'を基板ステージPST上に保持して露光する際には、ステップSA1での反射面MX、MYの誤差情報の計測及びステップSA2での基板ステージPST上の基準マークPFM、MFMの位置情報の検出や照度ムラセンサ400による照度分布の計測などを行うことなく、基板P'のショット領域S1～S24とマスクMのパターン像の投影位置とを位置合わせすることができる。その場合には、別の基板P'を基板ステージPST上に保持させた後、ステップSA1、SA2を省略して、ステップSA3に進み、ショット領域S1～S24に付随して設けられたアライメントマーク1の位置情報を基板アライメント系350を使って検出する。これにより、先に露光された1枚目の基板Pと同様に、基板アライメント系350の検出基準位置に対する各ショット領域S1～S24の位置情報が求められる。これにより、基板P'上の各ショット領域S1～S24とパターン像とが位置合わせされ、パターン像を基板P'の各ショット領域に露光することができる。

【0152】

なお、ベースライン量を求めるための基準マークPFM、MFMの検出動作は、予め設定された基板処理枚数毎やマスクを交換したとき毎など、所定期間毎に行えばよい。

【0153】

以上説明したように、基板ステージPST上に液体LQが供給された状態での反射面MX、MYの誤差情報を予め計測してメモリMR Yに記憶しておくことにより、液体LQを供給された基板ステージPSTの位置情報を干渉計43を使って計測するとき、メモリMR Yに記憶してある誤差情報に基づいて、計測された基板ステージPSTの位置情報を補正したり、基板ステージPSTの位置制御を行うことができる。したがって、基板ステージPSTの位置制御を良好に行ってその基板ステージPSTに保持されている基板Pを精度良く露光処理することができる。

【0154】

ところで、液体接触面である基板表面（基板ステージPST上面を含む）の材料特性に応じて、液体LQが基板P（基板ステージ）に及ぼす力が変化する。具体的には基板P表面と液体LQとの親和性、更に具体的には基板Pの液体LQに対する接触角に応じて、液体LQが基板Pに及ぼす力が変化する。基板P表面の材料特性は、その基板P表面に塗布される感光材や、その感光材上に塗布される例えば感光材を保護する保護膜などの所定の膜に応じて変化する。例えば基板P表面が親液性の場合には、その液体LQは基板P上において濡れ拡がろうとするため、基板P上での液体LQの圧力は低下する（負圧化する）。一方、基板P表面が撥液性の場合には、基板P上での液体LQの圧力は上昇する（陽圧化する）。このように、基板P表面の液体LQに対する接触角（親和性）に応じて、液体LQが基板Pに及ぼす力が変化する。したがって、反射面MX、MYの誤差情報を計測するときに基板ステージPST上に保持される基板表面の液体LQに対する接触角と、実際に露光処理される被露光対象である基板P表面の液体LQに対する接触角とが異なっていると、ウェット状態での誤差計測時に反射面MX、MYに生じる誤差量と、ウェット状態での露光処理時に反射面MX、MYに生じる誤差量とが互いに異なる。その場合、予め計測した誤差情報を使って基板ステージPSTの位置制御（位置補正）を良好に行うことができなくなる。

【0155】

したがって、反射面MX、MYの誤差情報を計測するときに基板ステージPST上に保持される基板表面の液体LQに対する接触角が、露光光ELが照射される被露光対象の基板P表面の液体LQに対する接触角とほぼ同一であるようにすることが望ましい。そうすることで、予め計測した反射面MX、MYの誤差情報を使って基板ステージPSTの位置制御（位置補正）を良好に行うことができる。

【0156】

なお上述の実施形態においては、次に露光される基板Pを基板ステージPST上に保持した後に、反射面MX、MYの誤差情報を計測しているが、液体LQに対する接触角が実際に露光される基板Pの表面とほぼ同じダミーの基板を基板ステージPSTに載せて、反

射面MX, MYの誤差情報を計測するようにしてもよい。

【0157】

なお、反射面MX、MYの誤差情報を計測するときに基板ステージPST上に保持される基板表面（ダミー基板表面）の液体LQに対する接触角と、露光光ELが照射される被露光対象の基板P表面の液体LQに対する接触角とが異なる場合には、基板表面の液体LQに対する接触角情報とそれに対応した液体圧力情報（ひいては反射面MX、MYの誤差情報）との関係を予め計測してメモリMR Yに記憶しておくことにより、前記関係に基づいて、ウェット状態での露光処理時やアライメント処理時における基板ステージPSTの位置制御（位置補正）を良好に行うことができる。

【0158】

なお、基板ステージPST上の液体LQの圧力変化の要因としては、上述した基板表面（基板ステージ上面を含む）の液体LQに対する接触角の他に、基板ステージPSTの移動速度や液体LQの重み、液体LQの単位時間当たりの供給量、回収量なども挙げられる。そこで、反射面MX、MYの誤差情報を計測するときは、上記要因を考慮して、計測条件を設定することが好ましい。

【0159】

また、投影光学系PLの像面側に形成される基板ステージPST上における液浸領域AR 2の位置は、基板ステージPSTの移動に伴って変化するが、基板ステージPST上における液体LQの液浸領域AR 2の位置に応じて、反射面MX、MYの誤差量の変動する可能性がある。例えば図12（a）に示すように、液体LQの液浸領域の位置が符号AR 2 a、AR 2 b、AR 2 cで示すようにX軸方向に関して変化するとき、図12（b）に示すように、例えば反射面MXの誤差（曲がり、傾き、凹凸など）が、液浸領域AR 2の位置に対応して変化する可能性がある。同様に、基板ステージPST上における液浸領域AR 2の位置に応じて、反射面MYの誤差（曲がり、傾き、凹凸など）も変化する可能性がある。

【0160】

そこで、反射面MX、MYのウェット状態での誤差情報を計測するとき、基板ステージPSTの位置を異ならせて、基板ステージPST上における液体LQの液浸領域AR 2の位置に対応する複数の情報を複数回計測する。そして、液浸領域AR 2の位置に対応する複数の情報を第1情報としてメモリMR Yに記憶することで、アライメント処理（計測処理）時や露光処理時においては、基板ステージPST上における液浸領域AR 2の位置に対応して、干渉計43の計測結果を補正したり、基板ステージPSTの駆動量を補正することにより、基板ステージPSTの位置制御をより高精度に行うことができる。

【0161】

また、例えば基板ステージPST上に液浸領域AR 2を形成した状態で、基板ステージPSTをX軸方向（あるいはY軸方向）に移動させ、基板ステージPSTのX軸方向（Y軸方向）に関する複数の位置のそれぞれに対応する反射面MX、MYの複数の誤差情報を計測する。そして、2次元的に計測された複数の誤差情報のそれぞれに対して例えば補間処理など所定の演算処理を施すことで、移動鏡42 X、42 Yを使った基板ステージPSTの全移動範囲にわたって基板ステージPSTの位置制御を極めて高精度に行うことができる。

【0162】

また、上述の実施形態においては、移動鏡の反射面MX、MYの誤差情報に基づいて基板ステージPSTの位置を制御するようにしているが、例えばマスクMと基板Pとの位置合わせを行うような場合には、その誤差情報に基づいてマスクステージMSTの位置制御を行うようにしてもよい。

【0163】

また、本発明は、特開平10-163099号公報、特開平10-214783号公報、特表2000-505958号公報などに開示されているツインステージ型の露光装置にも適用できる。

【0164】

図13はツインステージ型露光装置の一例を示す概略構成図である。図13に示すツイン型露光装置EX2は、基板Pを保持する基板ホルダPH1を有し、基板ホルダPH1に基板Pを保持して移動可能な第1基板ステージPST1と、基板Pを保持する基板ホルダPH2を有し、基板ホルダPH2に基板Pを保持して移動可能な第2基板ステージPST2とを有している。第1、第2基板ステージPST1、PST2は、共通のベース54上をそれぞれ独立に移動可能である。第1、第2基板ステージPST1、PST2はそれぞれ上述した実施形態と同様、基準部材300やセンサ400、500を備えている。

【0165】

また、ツインステージ型露光装置EX2は、一方の基板ステージPST1（PST2）に保持された基板Pの計測を行う計測ステーションST1と、投影光学系PLを備え、他方の基板ステージPST2（PST1）に保持された基板Pの露光を行う露光ステーションST2とを備えている。露光ステーションST2には基板アライメント系360を除いて、図1のシステム（フォーカス検出系30を含む）が全て搭載されている。また、計測ステーションST1には、基板アライメント系360、投射部30A及び受光部30Bを有するフォーカス検出系30が搭載されている。

【0166】

このようなツインステージ型露光装置の基本的な動作としては、例えば露光ステーションST2において第2基板ステージPST2上の基板Pの露光処理中に、計測ステーションST1において、第1基板ステージPST1上の基板Pの交換及び計測処理が行われる。そして、それぞれの作業が終了すると、第2基板ステージPST2が計測ステーションST1に移動し、それと並行して第1基板ステージPST1が露光ステーションST2に移動し、今度は第2基板ステージPST2において計測及び交換処理が行われ、第1基板ステージPST1上の基板Pに対して露光処理が行われる。

【0167】

本実施形態において、計測ステーションST1における基板Pの計測は、フォーカス検出系30による基板P表面の面位置情報の計測、及び基板アライメント系350による基板P上のアライメントマーク1及び基準部材300上の基準マークPFMの検出を含む。例えば第2基板ステージPST2上の基板Pに対して露光ステーションST2において液浸露光処理が行われている最中、第1基板ステージPST1上の基板Pに対して計測ステーションST1において基板アライメント系350、フォーカス検出系30、及び基準部材300を用いて計測処理が行われる。そして、計測処理が完了すると、第1基板ステージPST1と第2基板ステージPST2との交換作業が行われ、図13に示すように、第1基板ステージPST1の基準部材300と投影光学系PLとが対向するように、第1基板ステージPST1の位置決めがされる。この状態で、制御装置CONTは液体LQの供給を開始し、投影光学系PLと基準部材300との間を液体LQで満たし、液体LQを介したマスクアライメント系360によるマスクMと基板ステージPST1上の基準マークとの位置関係の検出及び露光処理を行う。なお、計測ステーションST1で一旦求められた各ショット領域S1～S24のアライメント情報は基準部材300の基準マークPFMを基準として定められており（記憶されており）、露光ステーションST2において液浸露光が実行される際には、基準部材300の基準マークPFMに対して所定の位置関係で形成されている基準マークMFMとマスクMとの位置関係に基づいて各ショット領域S1～S24の位置決めがされるように第1基板ステージPST1の移動が制御される。すなわち、計測ステーションST1で求められた各ショット領域S1～S24のアライメント情報は、基準マークPFM、MFMを用いて露光ステーションST2に有効に受け渡される。

【0168】

このように、ツインステージ型露光装置の場合には、一方のステージで液浸露光処理中に、他方のステージで液体を介さない計測処理を行うことができるので、露光処理のスループットを向上することができる。

【0169】

ツインステージ型露光装置EX2においても、ウェット状態とドライ状態とでの移動鏡42X、42Yの反射面MX、MYそれぞれの誤差情報を各ステージ毎に予め求めてメモリMR Yに記憶しておくことで、それぞれのステーションにおいて基板ステージPST1 (PST2)を位置制御を高精度に行うことができる。すなわち、露光ステーションST2において、基板ステージPST1 (PST2)上に液体LQが供給されているウェット状態においては、干渉計43で計測された位置情報とメモリMR Yに記憶してある第1情報とに基づいて基板ステージPST1 (PST2)の位置を制御し、基板ステージPST1 (PST2)上に液体LQが供給されていないドライ状態においては、干渉計43で計測された位置情報とメモリMR Yに記憶してある第2情報とに基づいて基板ステージPST1 (PST2)の位置を制御することができ、例えばいずれのステーションにおいても反射面の誤差がないのとはほぼ同じ状態で基板ステージPST1 (PST2)の位置制御を行うことができる。したがって、計測ステーションST1においてドライ状態で基板ステージPST1 (PST2)を移動しながら計測された各種の情報(アライメント情報やフォーカス情報など)を使って、露光ステーションST2においてウェット状態で位置制御が行われる基板ステージPST1 (PST2)上の基板Pを精度よく露光することができる。

【0170】

なお、基板Pを保持する二つのステージを備えたツインステージ型の露光装置でなく、特開2000-164504号に開示されているように、基板Pを保持するステージと、測定用の部材やセンサを搭載したステージとを備えた露光装置にも本発明を適用することはできる。

【0171】

また、上述の実施形態においては、基板ステージPSTのX方向、Y方向の位置情報を計測するための反射面MX、MYの誤差情報について述べているが、特表2001-510577号公報、特表2001-513267号公報、並びに特開2000-323404号に開示されているように、基板ステージPSTのZ方向の位置を計測するための反射面に本発明を適用することもできる。

【0172】

また、上述の実施形態においては、移動鏡の反射面MX、MYのドライ状態での誤差情報とウェット状態での誤差情報とを保持しておき、その情報に基づいて基板ステージPSTの位置制御を行うようにしているが、移動鏡の反射面の誤差情報に限ることなく、基板ステージPSTの各種制御情報を、ドライ状態とウェット状態とのそれぞれに対応してメモリMR Yに保持しておくことが望ましい。例えば、特開平10-70065号に開示されているように、ベース54の変形などによって生じる基板ステージPSTのZ方向の変位情報を、ドライ状態とウェット状態との各々に対応して保持しておくことで、ドライ状態、ウェット状態のそれぞれで基板ステージPSTの位置制御を精度よく行うことができるばかりでなく、ドライ状態とウェット状態とが混在するような場合にも、計測処理、露光処理を高精度に行うことができる。

【0173】

また、特開平2-153519号公報に開示されているように、Zステージ52をチルトさせたときにXY平面内での位置ずれが生じる場合には、その位置ずれ情報を、ドライ状態とウェット状態との各々に対応してメモリMR Yに保持しておくことにより、ドライ状態でもウェット状態においても、基板PやZステージ上の各種計測部材などを精度良く位置制御することができる。

【0174】

上述したように、本実施形態における液体LQは純水により構成されている。純水は、半導体製造工場等で容易に大量に入手できるとともに、基板P上のフォトレジストや光学素子(レンズ)等に対する悪影響がない利点がある。また、純水は環境に対する悪影響がないとともに、不純物の含有量が極めて低いため、基板Pの表面、及び投影光学系PLの

先端面に設けられている光学素子の表面を洗浄する作用も期待できる。なお工場等から供給される純水の純度が低い場合には、露光装置が超純水製造器を持つようにしてもよい。

【0175】

そして、波長が193 nm程度の露光光ELに対する純水（水）の屈折率 n はほぼ1.44と言われており、露光光ELの光源としてArFエキシマレーザ光（波長193 nm）を用いた場合、基板P上では $1/n$ 、すなわち約134 nmに短波長化されて高い解像度が得られる。更に、焦点深度は空气中に比べて約 n 倍、すなわち約1.44倍に拡大されるため、空气中で使用する場合と同程度の焦点深度が確保できればよい場合には、投影光学系PLの開口数をより増加させることができ、この点でも解像度が向上する。

【0176】

なお、上述したように液浸法を用いた場合には、投影光学系の開口数NAが0.9～1.3になることもある。このように投影光学系の開口数NAが大きくなる場合には、従来から露光光として用いられているランダム偏光光では偏光効果によって結像性能が悪化することもあるので、偏光照明を用いるのが望ましい。その場合、マスク（レチクル）のライン・アンド・スペースパターンのラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明を行い、マスク（レチクル）のパターンからは、S偏光成分（TE偏光成分）、すなわちラインパターンの長手方向に沿った偏光方向成分の回折光が多く射出されるようにするとよい。投影光学系PLと基板P表面に塗布されたレジストとの間が液体で満たされている場合、投影光学系PLと基板P表面に塗布されたレジストとの間が空気（気体）で満たされている場合に比べて、コントラストの向上に寄与するS偏光成分（TE偏光成分）の回折光のレジスト表面での透過率が高くなるため、投影光学系の開口数NAが1.0を越えるような場合でも高い結像性能を得ることができる。また、位相シフトマスクや特開平6-188169号公報に開示されているようなラインパターンの長手方向に合わせた斜入射照明法（特にダイボール照明法）等を適宜組み合わせると更に効果的である。

【0177】

また、例えばArFエキシマレーザを露光光とし、 $1/4$ 程度の縮小倍率の投影光学系PLを使って、微細なライン・アンド・スペースパターン（例えば25～50 nm程度のライン・アンド・スペース）を基板P上に露光するような場合、マスクMの構造（例えばパターンの微細度やクロムの厚み）によっては、Wave guide効果によりマスクMが偏光板として作用し、コントラストを低下させるP偏光成分（TM偏光成分）の回折光よりS偏光成分（TE偏光成分）の回折光が多くマスクMから射出されるようになるので、上述の直線偏光照明を用いることが望ましいが、ランダム偏光光でマスクMを照明しても、投影光学系PLの開口数NAが0.9～1.3のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。また、マスクM上の極微細なライン・アンド・スペースパターンを基板P上に露光するような場合、Wire Grid効果によりP偏光成分（TM偏光成分）がS偏光成分（TE偏光成分）よりも大きくなる可能性もあるが、例えばArFエキシマレーザを露光光とし、 $1/4$ 程度の縮小倍率の投影光学系PLを使って、25 nmより大きいライン・アンド・スペースパターンを基板P上に露光するような場合には、S偏光成分（TE偏光成分）の回折光がP偏光成分（TM偏光成分）の回折光よりも多くマスクMから射出されるので、投影光学系PLの開口数NAが0.9～1.3のように大きい場合でも高い解像性能を得ることができる。

【0178】

更に、マスク（レチクル）のラインパターンの長手方向に合わせた直線偏光照明（S偏光照明）だけでなく、特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線（周）方向に直線偏光する偏光照明法と斜入射照明法との組み合わせも効果的である。特に、マスク（レチクル）のパターンが所定の一方方向に延びるラインパターンだけでなく、複数の異なる方向に延びるラインパターンが混在する場合には、同じく特開平6-53120号公報に開示されているように、光軸を中心とした円の接線方向に直線偏光する偏光照明法と輪帯照明法とを併用することによって、投影光学系の開口数NAが大きい場合でも高い結像性能を得ることができる。

【0179】

本実施形態では、投影光学系 PL の先端に光学素子 2 が取り付けられており、このレンズにより投影光学系 PL の光学特性、例えば収差（球面収差、コマ収差等）の調整を行うことができる。なお、投影光学系 PL の先端に取り付ける光学素子としては、投影光学系 PL の光学特性の調整に用いる光学プレートであってもよい。あるいは露光光 EL を透過可能な平行平板であってもよい。

【0180】

なお、液体 LQ の流れによって生じる投影光学系 PL の先端の光学素子と基板 P との間の圧力が大きい場合には、その光学素子を交換可能とするのではなく、その圧力によって光学素子が動かないように堅固に固定してもよい。

【0181】

なお、本実施形態では、投影光学系 PL と基板 P 表面との間は液体 LQ で満たされている構成であるが、例えば基板 P の表面に平行平板からなるカバーガラスを取り付けた状態で液体 LQ を満たす構成であってもよい。

【0182】

なお、本実施形態の液体 LQ は水であるが、水以外の液体であってもよい、例えば、露光光 EL の光源が F₂ レーザである場合、この F₂ レーザ光は水を透過しないので、液体 LQ としては F₂ レーザ光を透過可能な例えば、過フッ化ポリエーテル（PFPE）やフッ素系オイル等のフッ素系流体であってもよい。この場合、液体 LQ と接触する部分には、例えばフッ素を含む極性の小さい分子構造の物質で薄膜を形成することで親液化処理する。また、液体 LQ としては、その他にも、露光光 EL に対する透過性があるだけ屈折率が高く、投影光学系 PL や基板 P 表面に塗布されているフォトリジストに対して安定なもの（例えばセダー油）を用いることも可能である。この場合も表面処理は用いる液体 LQ の極性に依拠して行われる。

【0183】

なお、上記各実施形態の基板 P としては、半導体デバイス製造用の半導体ウエハのみならず、ディスプレイデバイス用のガラス基板や、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウエハ、あるいは露光装置で用いられるマスクまたはレチクルの原版（合成石英、シリコンウエハ）等が適用される。

【0184】

露光装置 EX としては、マスク M と基板 P とを同期移動してマスク M のパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（スキニングステッパ）の他に、マスク M と基板 P とを静止した状態でマスク M のパターンを一括露光し、基板 P を順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（ステッパ）にも適用することができる。また、本発明は基板 P 上で少なくとも 2 つのパターンを部分的に重ねて転写するステップ・アンド・スティッチ方式の露光装置にも適用できる。また第 1 パターンと基板 P とをほぼ静止した状態で第 1 パターンの縮小像を投影光学系（例えば 1/8 縮小倍率で反射素子を含まない屈折型投影光学系）を用いて基板 P 上に一括露光し、その後、第 2 パターンと基板 P とをほぼ静止した状態で第 2 パターンの縮小像をその投影光学系を用いて、第 1 パターンと部分的に重ねて基板 P 上に一括露光するスティッチ方式の一括露光装置にも適用できる。

【0185】

また、上述の実施形態においては、投影光学系 PL と基板 P との間に局所的に液体を満たす露光装置を採用しているが、本発明は、特開平 6-124873 号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる液浸露光装置にも適用可能である。

【0186】

露光装置 EX の種類としては、基板 P に半導体素子パターンを露光する半導体素子製造用の露光装置に限られず、液晶表示素子製造用又はディスプレイ製造用の露光装置や、薄膜磁気ヘッド、撮像素子（CCD）あるいはレチクル又はマスクなどを製造するための露

光装置などにも広く適用できる。

【0187】

基板ステージPSTやマスクステージMSTにリニアモータ（USP5,623,853またはUSP5,528,118参照）を用いる場合は、エアベアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、各ステージPST、MSTは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。

【0188】

各ステージPST、MSTの駆動機構としては、二次元に磁石を配置した磁石ユニットと、二次元にコイルを配置した電機子ユニットとを対向させ電磁力により各ステージPST、MSTを駆動する平面モータを用いてもよい。この場合、磁石ユニットと電機子ユニットとのいずれか一方をステージPST、MSTに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットとの他方をステージPST、MSTの移動面側に設ければよい。

【0189】

基板ステージPSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-166475号公報（USP5,528,118）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

マスクステージMSTの移動により発生する反力は、投影光学系PLに伝わらないように、特開平8-330224号公報（US S/N 08/416,558）に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。

【0190】

以上のように、本願実施形態の露光装置EXは、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0191】

半導体デバイス等のマイクロデバイスは、図14に示すように、マイクロデバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスク（レチクル）を製作するステップ202、デバイスの基材である基板を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置EXによりマスクのパターンを基板に露光する露光処理ステップ204、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）205、検査ステップ206等を経て製造される。

【図面の簡単な説明】

【0192】

【図1】 本発明の露光装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図2】 基板ステージを上方から見た平面図である。

【図3】 干渉計システムの構成を示す図である。

【図4】 干渉計システムの構成を示す図である。

【図5】 反射面の表面形状を計測する手順を説明するための図である。

【図6】 反射面の表面形状を計測する手順を説明するための図である。

【図7】 反射面の表面形状を計測する手順を説明するための図である。

【図8】 反射面の表面形状を計測する方法を説明するための図である。

【図9】 本発明に係る露光方法の一実施形態を示すフローチャート図である。

【図 10】アライメント処理の一例を説明するための図である。

【図 11】アライメント処理の一例を説明するための図である。

【図 12】基板ステージ上の液浸領域の位置と反射面の誤差との関係を説明するための模式図である。

【図 13】露光装置の他の実施形態を示す概略構成図である。

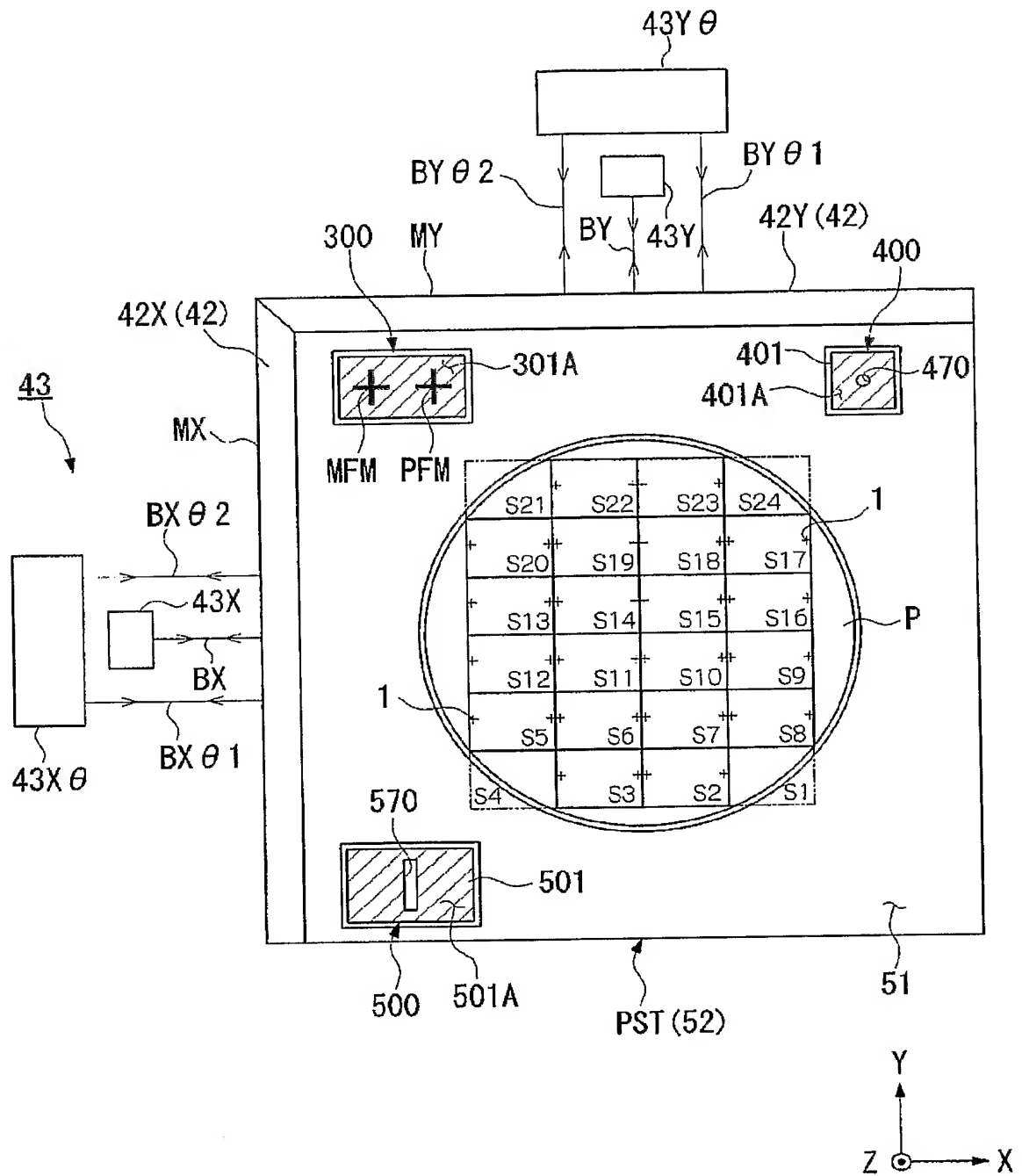
【図 14】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

【符号の説明】

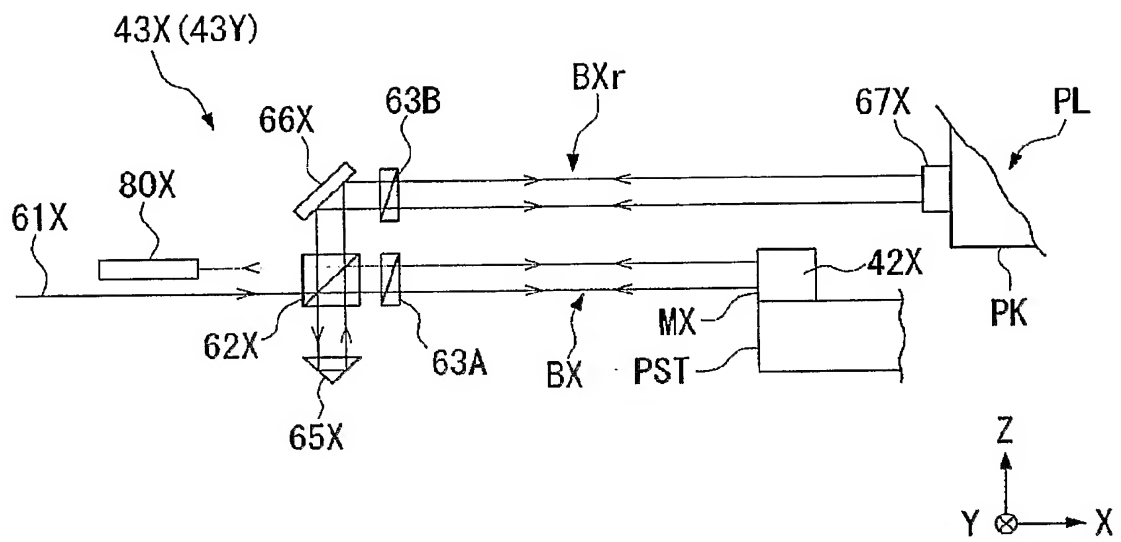
【0193】

1…アライメントマーク、10…液体供給機構、20…液体回収機構、
43…干渉計システム、43X、43Y、43X θ 、43Y θ …干渉計、
AR1…投影領域、AR2…液浸領域、BX、BY…ビーム（測定光）、
CONT…制御装置、EL…露光光、EX…露光装置、LQ…液体、MR Y…メモリ、
MX、MY…反射面、P…基板、PL…投影光学系、PST…基板ステージ（移動体）

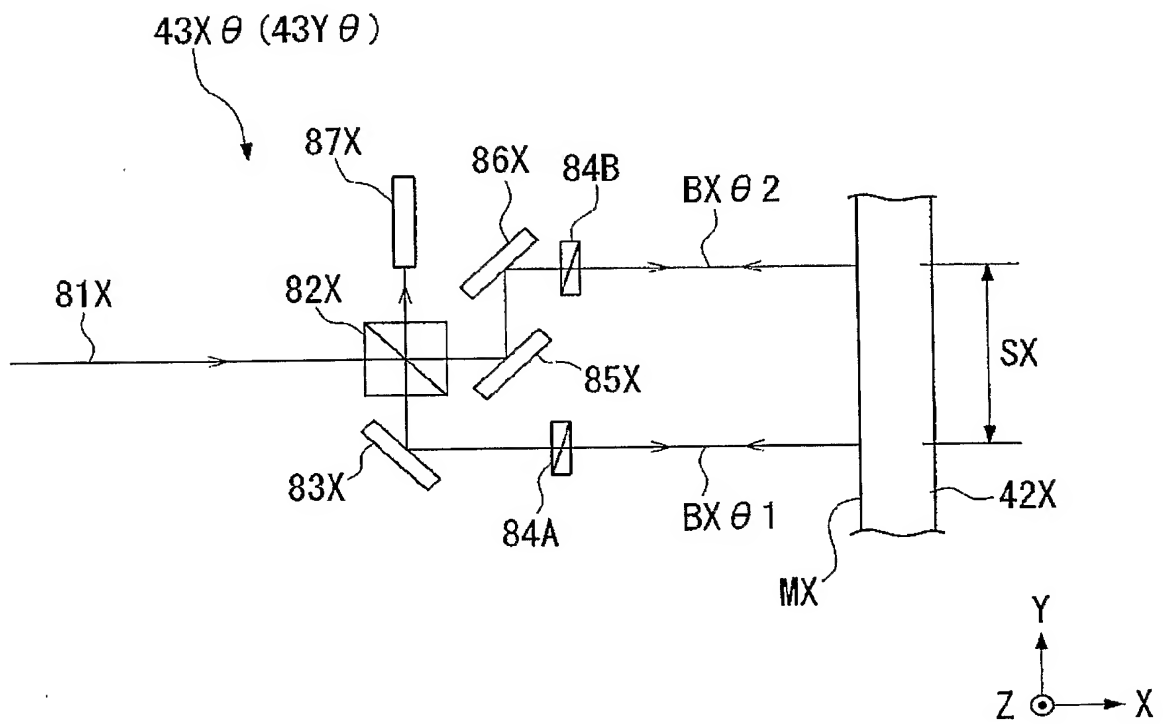
【図 2】



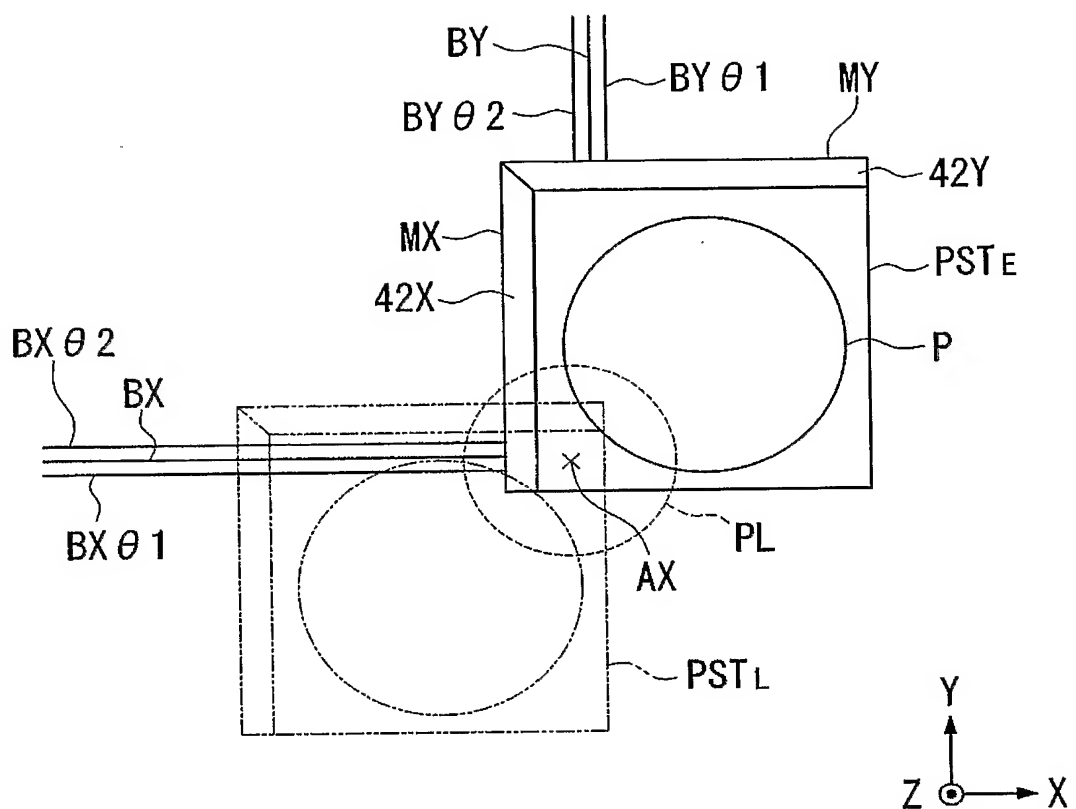
【図 3】



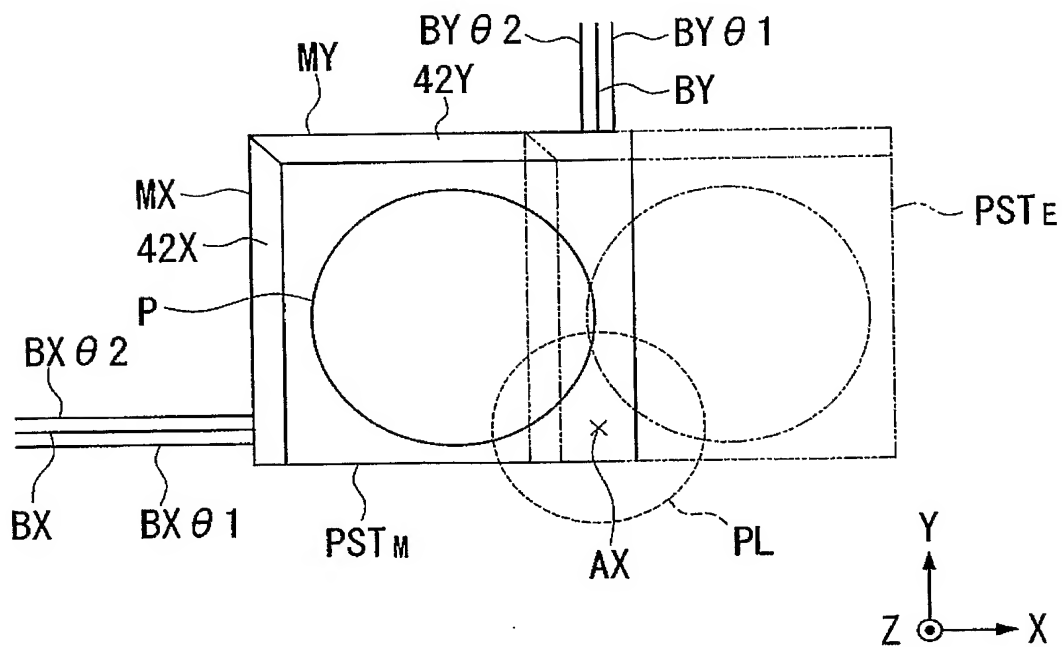
【図 4】



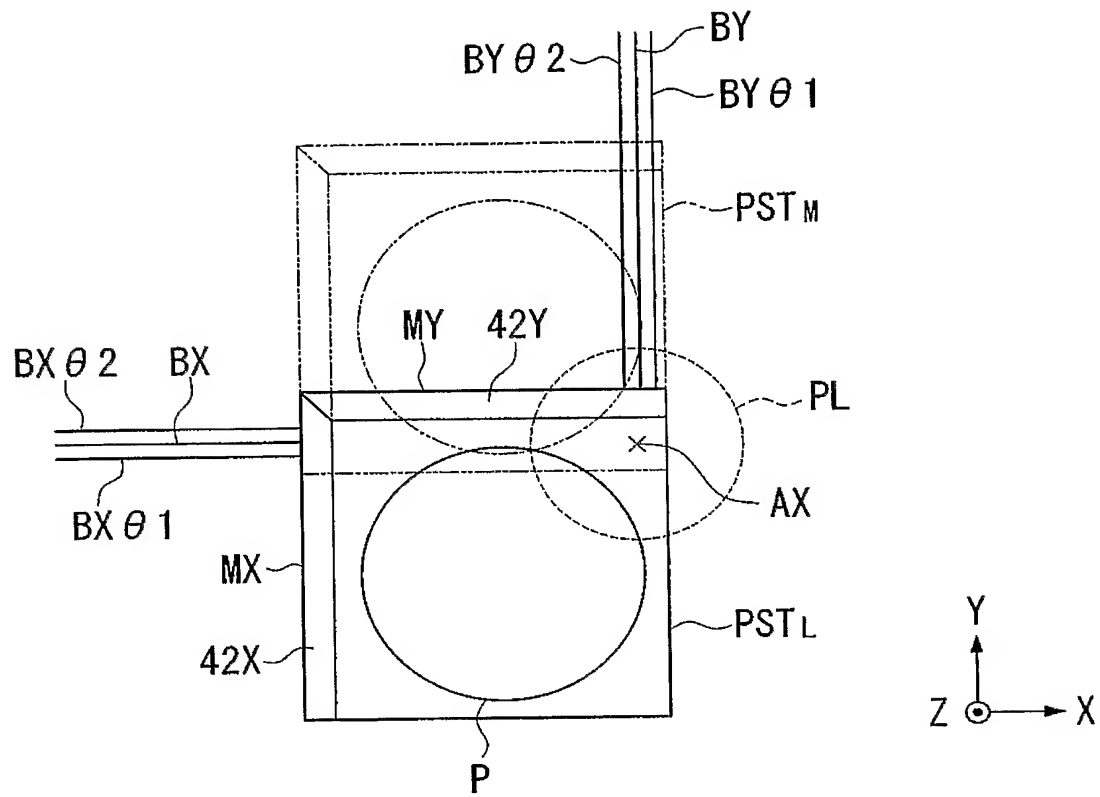
【図 5】



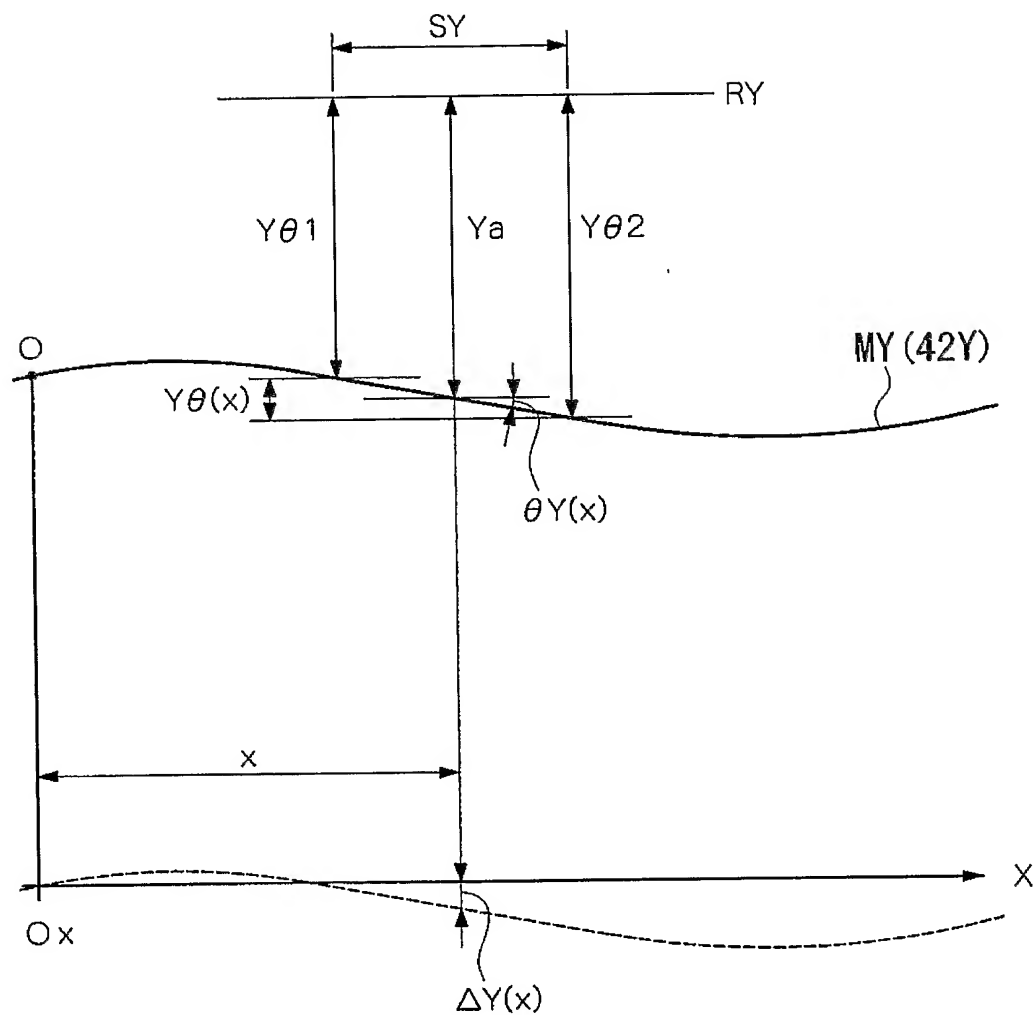
【図 6】



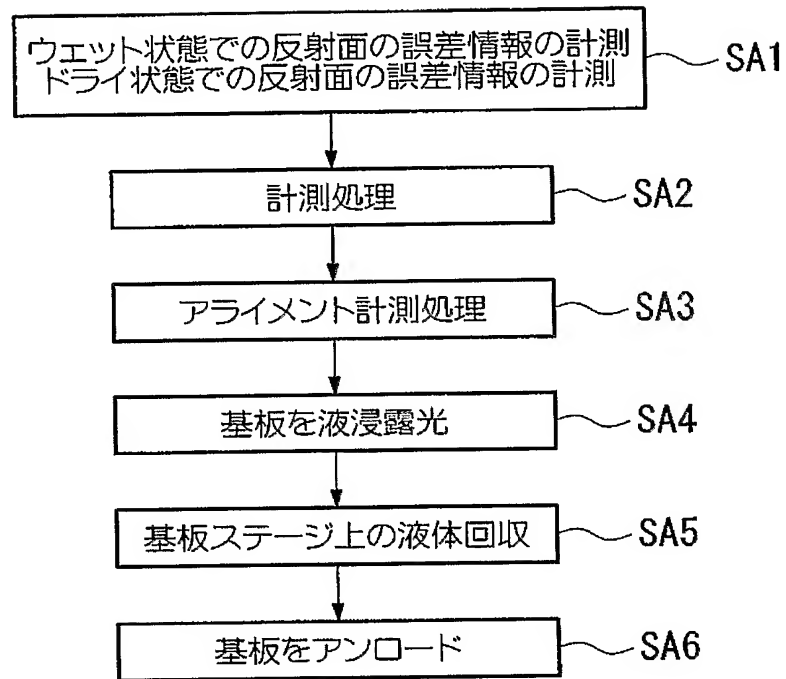
【図 7】



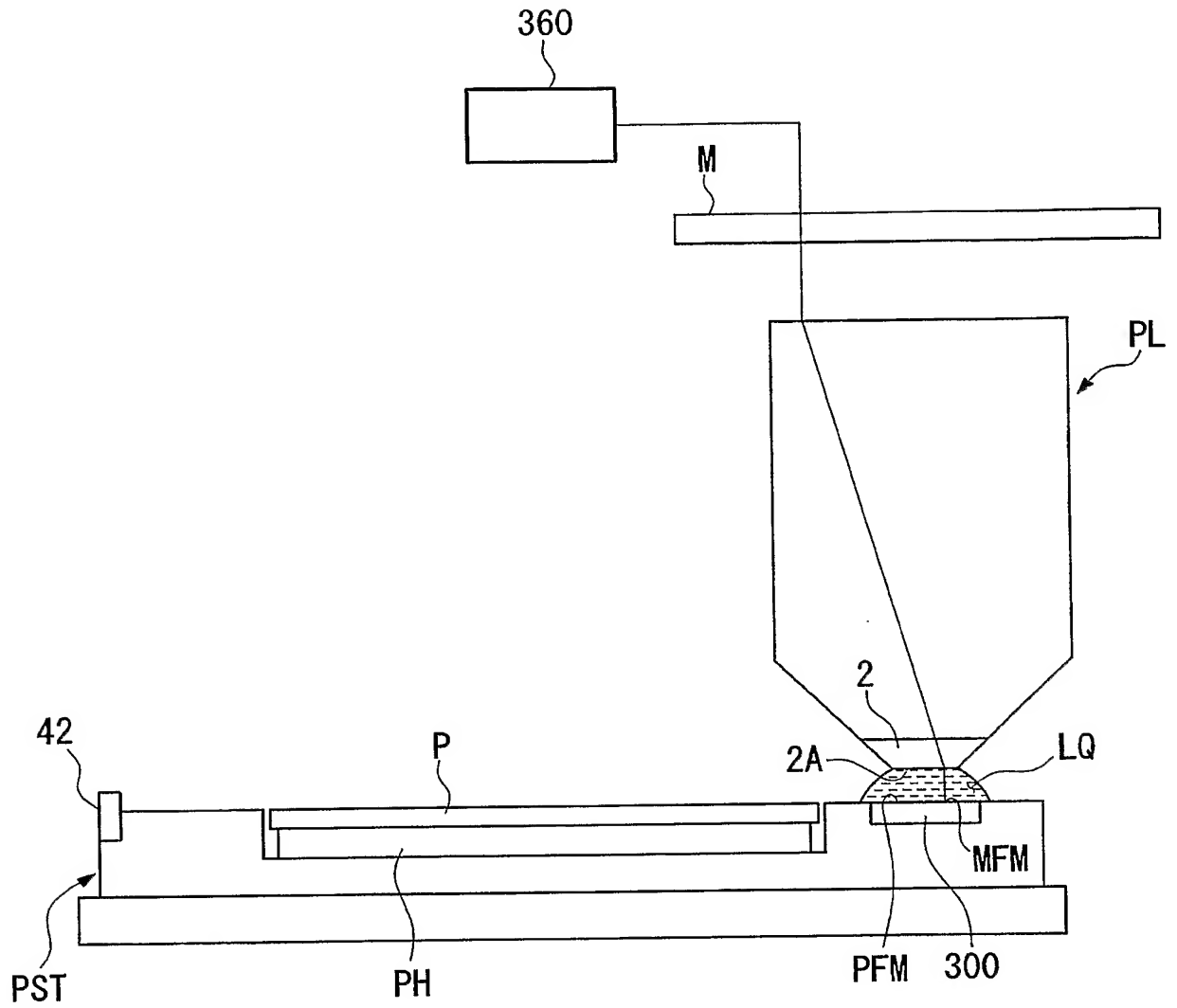
【図 8】



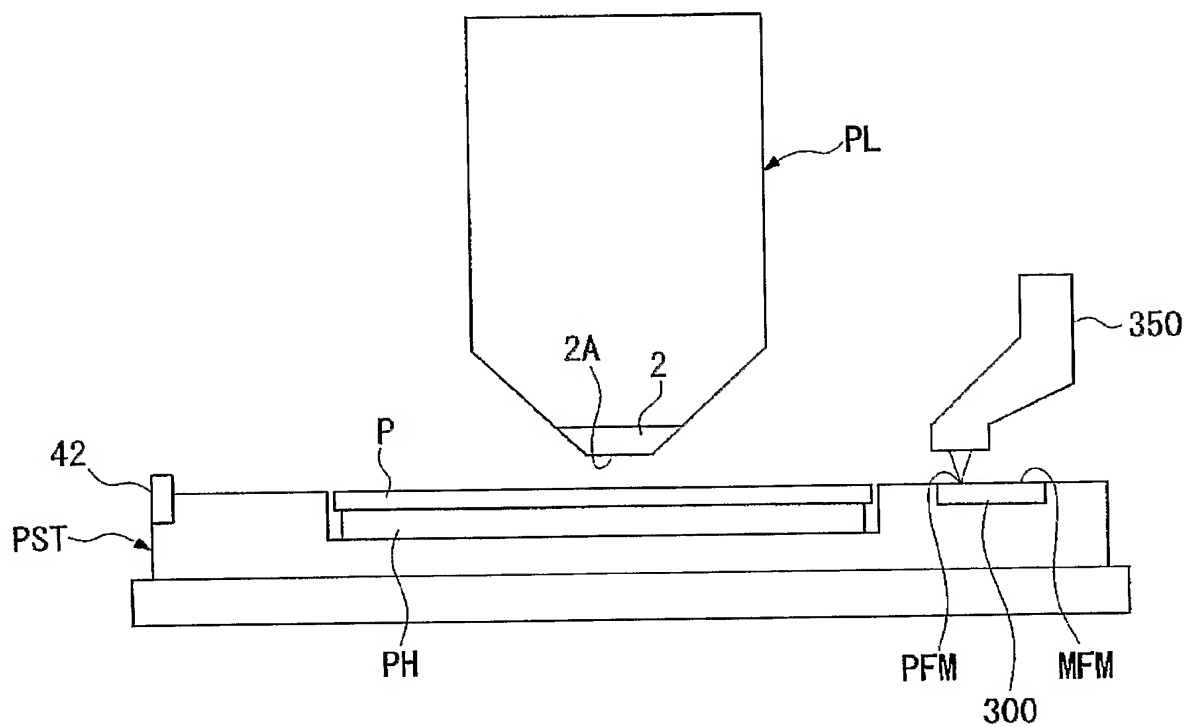
【図 9】



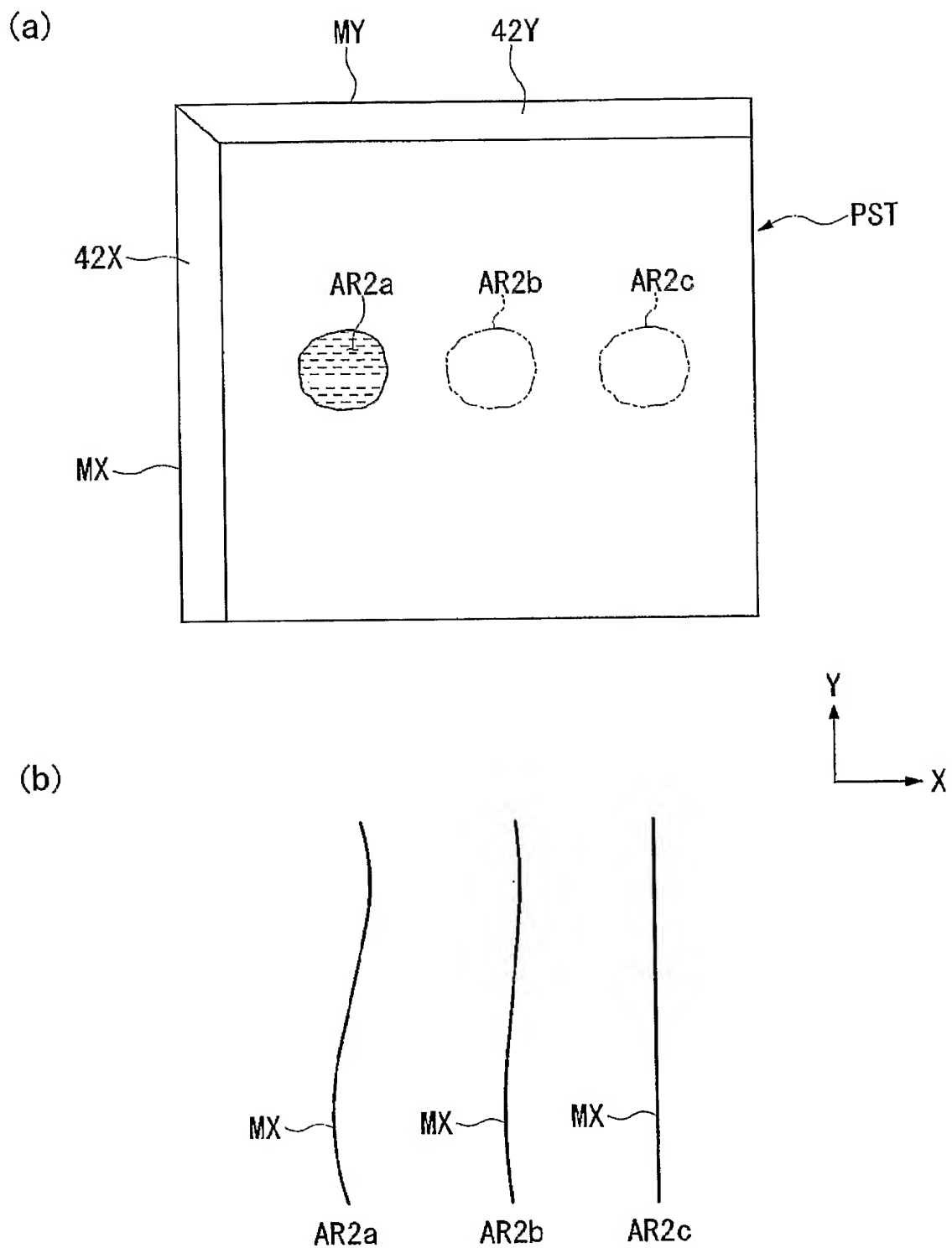
【図 10】



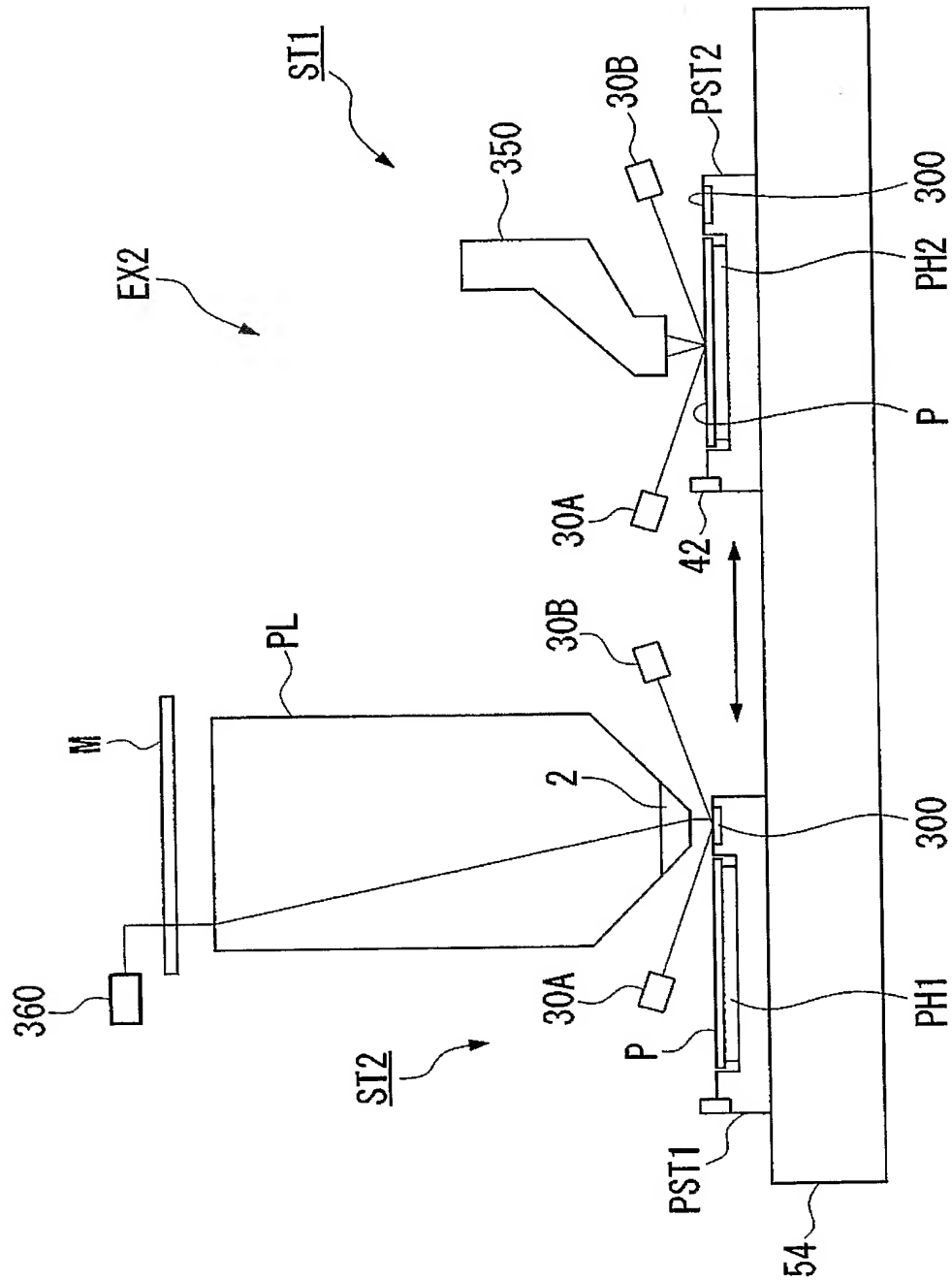
【図 11】



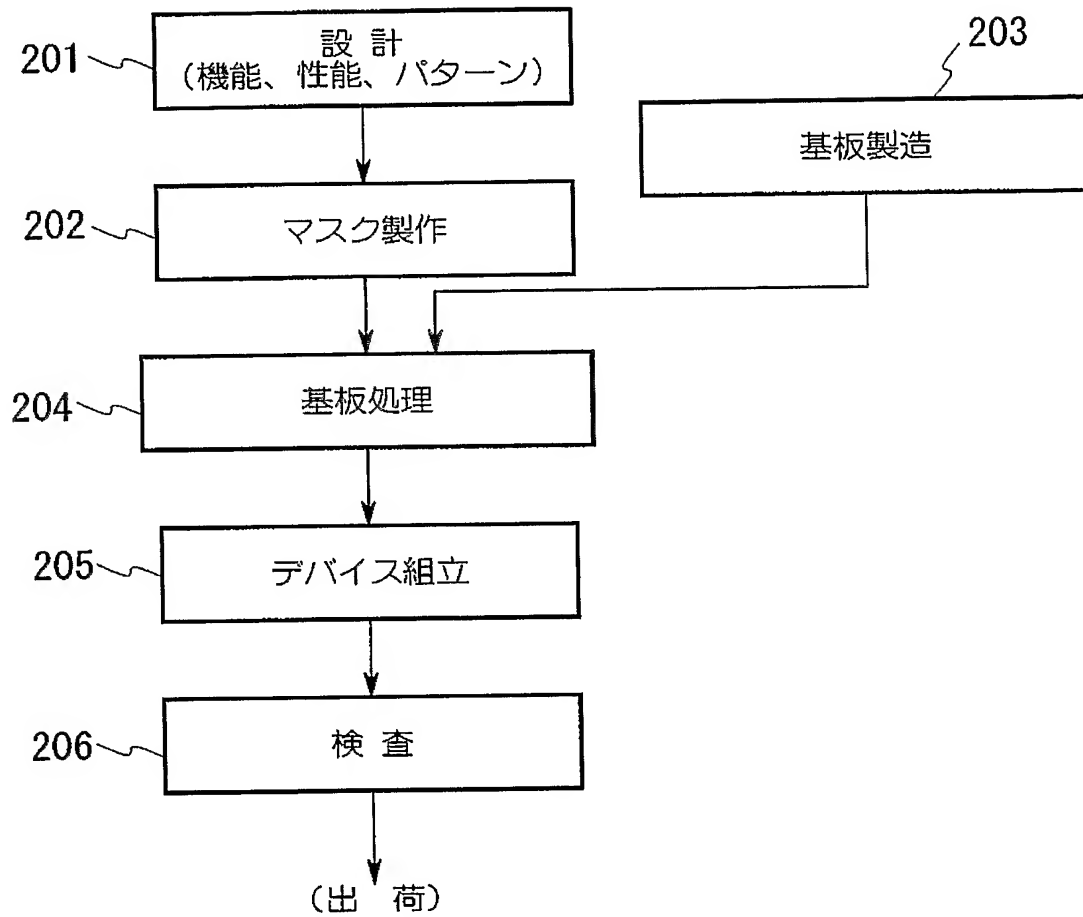
【図 12】



【図 13】



【図 14】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 液浸露光装置において干渉計システムを使った計測処理を良好に行って精度良く露光処理できる露光装置を提供する。

【解決手段】 露光装置 E X は、投影光学系 P L と液体 L Q とを介して基板 P を露光するものであって、基板 P を保持可能な基板ステージ P S T と、基板ステージ P S T 上の移動鏡に形成された反射面に測定光を照射するとともに、その反射光を受光して、基板ステージ P S T の位置情報を計測する干渉計システム 4 3 と、基板ステージ P S T 上に液体 L Q が供給された状態での反射面の誤差情報を第 1 情報として記憶するメモリ M R Y とを備えている。

【選択図】

図 1

特願 2 0 0 4 - 0 2 8 0 9 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 1 1 2]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号

氏 名

株式会社ニコン